

三江源区高寒草甸 43 种植物繁殖体 质量和形状的比较*

王慧春¹, 周华坤², 王文颖¹, 赵新全²

(1 青海师范大学 生命与地理科学学院, 青海 西宁 810008; 2 中国科学院 西北高原生物研究所,
高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810001)

[摘要] 【目的】对三江源区高寒草甸 43 种植物繁殖体的质量和形状进行比较, 初步探讨研究区植物繁殖体的生存对策, 为退化草地恢复治理和生物多样性保护提供理论依据。【方法】采集三江源区高寒草甸 43 种植物的繁殖体(13 种为种子, 30 种为果实), 称质量, 用繁殖体三维(长、宽、高)的方差衡量繁殖体形状, 并分析繁殖体质量、形状与植物物种生态特征的相关性。【结果】有 15 种植物繁殖体的单粒质量小于 1 mg 并接近球形(平均方差 < 0.09), 其可能具有持久土壤种子库; 多年生草本植物繁殖体的质量较 1 年或 1/2 年生草本植物大, 形状较其扁且长; 优良牧草与杂草繁殖体的质量和形状均有差异, 杂草繁殖体单粒质量大, 而牧草的繁殖体更扁、长; 种子形状的平均方差较果实的小, 但质量无明显差异; 禾本科、菊科、莎草科植物多有扁平或细长繁殖体(平均方差 > 0.09), 而质量无明显差异; 繁殖体附属物在植物的传播和定居方面具有重要作用, 其中 75% 的菊科植物具有冠毛, 易于被风传播, 89% 的禾本科植物具芒, 被风传播的概率小。【结论】植物物种的扩散和定居与繁殖体的质量和形状密切相关。

[关键词] 高寒草甸; 繁殖体质量; 繁殖体形状; 生存对策; 三江源区

[中图分类号] Q944.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)08-0195-09

A comparative study on diaspore quality and shape of 43 plant species at the alpine meadow in the source region of three rivers

WANG Hui chun¹, ZHOU Hua kun², WANG Wei ying¹, Zhao Xin quan²

(1 College of Life and Geography, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai 810008, China; 2 Northwest Plateau Institute of Biology,
Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810001, China)

Abstract: 【Objective】The paper studied the quality and shape of the diaspores of 43 plant species involving 13 seeds and 30 fruits from alpine meadow in the source region of three rivers. 【Method】The diaspores of 43 species were quantified, shapes of them were scaled with variance of three dimensions, and the relations between above indexes and ecological characteristics of diaspores were analyzed. 【Result】The results show that the quality of a single diaspore of 15 species is less than 1 mg, and its shape is close to sphericity because of variance less than 0.09, and it might have persistent soil seed bank, and is able to adapt to disturbance. The diaspores of perennials are heavier, flatter and longer than those of annuals. The diaspores of forb are heavier, and those of herbages are flatter and longer. Seeds are closer to sphericity in comparison with fruits. The diaspores of most of Compositae and Gramineae and Sedges species are flat and elongated because the variance is more than 0.09. The appendages of diaspores play an important role in dispersal and establishment. The diaspores of 75% Compositae species have pappuses, and might be dispersed by wind

* [收稿日期] 2008-12-10

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30700563, 30660120); 国家“973”计划项目专题(2009CB421102, 2005CB422005-01); 中科院知识创新工程项目(KSCX2-YW-N-040-01); 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB2-06-02)

[作者简介] 王慧春(1974-), 女, 青海平安人, 副教授, 硕士, 主要从事植物学研究。E-mail: whch_66@163.com

easily. And the diaspores of 89% Gramineae species have awns which make them not likely to be dispersed.

【Conclusion】 The quality and shape of the diaspores of 43 species are different, which affect the survival strategy of species to a great extent.

Key words: alpine meadow; diaspore quality; diaspore shape; survival strategy; the source region of three river

在现代植物生态学研究, 种子形态学与干扰的关系受到普遍重视^[1]。已有研究表明, 种子质量与种子的传播距离、种子库寿命、植物定居成功率、植物繁殖力密切相关^[2-6]。英国、阿根廷、澳大利亚、新西兰等国对大量种子的质量进行了比较研究, 并探讨了其生态学意义^[3,7]。在我国, 关于不同地域之间和地域内不同群落之间大规模的植物繁殖体质量和形状变化的研究也有零星报道^[8-11], 但关于高寒草甸植物繁殖体形态特征的研究却很少。

在三江源区的高寒草甸, 草地退化、生物多样性丧失和杂草入侵等现象非常突出^[12]。但目前关于高寒草甸植物生活史和繁殖对策的研究却很少^[13]。

本试验对高寒草甸 43 种植物(隶属于 13 科 32 属)繁殖体的形状和质量进行了比较, 初步探讨了研究区内植物繁殖体的生存对策, 以期为退化草甸植被形成过程和种群变化研究奠定基础, 并为退化草地的恢复治理和生物多样性保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

供试植物种子和果实采自青海省果洛州玛沁县境内的军牧场地区, 地理位置 N 34° 20' ~ 34° 22', E 100° 29' ~ 100° 30', 海拔 3 800 ~ 4 800 m, 平均海拔 4 120 m。该地区具有典型的高原大陆性气候特点, 无四季之分, 仅有冷暖季之别, 冷季漫长、干燥而寒

冷, 暖季短暂、湿润而凉爽。温度年差较小而日差较悬殊; 太阳辐射强烈, 日照充足, 年日照平均在 2 500 h 以上, 年总辐射量 629. 9 ~ 623. 8 kJ/cm²; 冷季持续时间长达 7 ~ 8 个月, 且风大雪多; 暖季湿润, 长 4 ~ 5 个月, 平均气温在 0 °C 以下; 全年无绝对无霜期; 年降水量为 420 ~ 560 mm, 多集中在 5 ~ 10 月。土壤为高山草甸土和高山灌丛草甸土, 土壤表层有机质含量丰富。矮嵩草草甸为该地区主要的冬春草场, 建群种为矮嵩草(*Kobresia humilis*), 主要的伴生种有小嵩草(*K. pygmaea*)、二柱头蕨草(*Scirpus distigmaticus*)、垂穗披碱草、早熟禾(*Poa* spp.)、异针茅(*Stipa aliena*)、短穗兔耳草(*Lagotis brachystachya*)、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、细叶亚菊(*Ajania tenuifolia*)、兰石草(*Lancea tibetica*)、美丽凤毛菊(*Saussurea superba*)和甘肃马先蒿(*P. kansuensis* Maxim)等^[14]。

1.2 方法

1.2.1 繁殖体质量测定 供试植物共有 43 种, 均为种子植物, 分属于 13 科, 根据文献^[15]确定植物的生活型和生态特性, 并对其中的 30 种测量果实, 13 种测量种子。每种植物的生态特征及量测对象列于表 1, 凡有附属物的繁殖体均带附属物量测, 因为这些附属物对植物传播具有一定作用。测定 100 粒繁殖体的风干质量, 每种植物重复测量 5 次, 然后计算出平均单粒质量。

表 1 43 种植物的生态特征及其量测对象

Table 1 Ecological characteristics and diaspore types of 43 plant species

植物种 Species	科 Family	生态类群 Ecological type	生活型 Life form	附属物 Appendages	量测对象 Diaspore type
冷蒿 <i>Artemisia frigida</i> Wild.	菊科 Composita	杂草 Forb	半灌木 Semi shrubs	无 None	瘦果 Achene
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i> Burge	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
黄帚囊吾 <i>Ligularia virgaurea</i> Mattf.	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
箭叶囊吾 <i>Ligularia sagitta</i> Mattf.	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i> Maxim	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene+pappus

续表 1 Continue table 1

植物种 Species	科 Family	生态类群 Ecological type	生活型 Life form	附属物 Appendages	量测对象 Diaspore type
葵花大蓟 <i>Cirsium souliei</i> Mattf.	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
瑞苓草 <i>Saussurea nigrescens</i> Maxim	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	瘦果 Achene
臭蒿 <i>Artemisia hedinii</i> Stenf.	菊科 Composita	杂草 Forb	1 年生植物 Annuals	无 None	瘦果 Achene
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i> Hand.-Mazz	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i> Anth	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i> Maxim	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i> Tzvel	菊科 Composita	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	冠毛 Pappus	瘦果 Achene
洽草 <i>Koeleria cristata</i> Pers.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
羊茅 <i>Festuca ovina</i> L. sp. Pl.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i> L. sp. Pl.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
早熟禾 <i>Poa annua</i> L. sp. Pl.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
青海早熟禾 <i>Poa rossbergiana</i> Hao.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i> Keng ex. Tzvel	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
太白细柄茅 <i>Ptilagrostis concinna</i> Roshev.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> Griseb.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	芒 Awn	颖果 Caryopsis
星星草 <i>Puccinella tenuiflora</i> Scribn.	禾本科 Gramineae	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	颖果 Caryopsis
矮生蒿草 <i>Kobresia humilis</i> Sevg.	莎草科 Sedges	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	小坚果 Nutlet
唐古拉苔草 <i>Carex tangulashanensis</i> Y. C. Yang	莎草科 Sedges	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
青藏苔草 <i>Carex moorcroftii</i> Falc. ex Boott	莎草科 Sedges	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	小坚果 Nutlet
黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i> Schkuhr subsp. minor T. Koyama	莎草科 Sedges	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	小坚果 Nutlet
二柱头蔗草 <i>Scirpus distigmaticus</i> Tang et Wang	莎草科 Sedges	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
华扁穗草 <i>Blysmus sinocompressus</i> Tang et Wang	莎草科 Sedges	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	小坚果 Nutlet

续表 1 Continue table 1

植物种 Species	科 Family	生态类群 Ecological type	生活型 Life form	附属物 Appendages	量测对象 Diaspore type
藏蒿草 <i>Kobresia schoenoides</i> Steud. Syn. Cyperac	莎草科 Sedges	牧草 Meadow	多年生草本 Perennial	无 None	小坚果 Nutlet
掌叶大黄 <i>Rheum palmatum</i> L. sp. Pl. ed.	蓼科 Polygonaceae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	翅 Wing	瘦果 Achene
西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i> Maxim	蓼科 Polygonaceae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	瘦果 Achene
甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i> Burge	豆科 Leguminosa	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
青海棘豆 <i>Oxytropis qinghaiensis</i> Y. H. Wu	豆科 Leguminosa	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i> Thunb Linn. Soc	毛茛科 Ranunculaceae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
兰花翠雀 <i>Delphinium caeruleum</i> Jsq ex Camb	毛茛科 Ranunculaceae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
西藏棱子芹 <i>Pleurospermum hookeri</i> Clarke var. thomsonii Clarke	伞形科 Umbelliferae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
马尿泡 <i>Przewalskia tangutica</i> Maxim	茄科 Solanaceae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i> Ma	龙胆科 Gentianaceae	杂草 Forb	1/2 年生植物 Annual/biennials	无 None	种子 Seed
麻花苳 <i>Gentiana straminea</i> Maxim	龙胆科 Gentianaceae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	种子 Seed
灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i> L. sp. Pl.	藜科 Chenopodiaceae	杂草 Forb	1 年生植物 Annuals	无 None	种子 Seed
独一味 <i>Lamiohlomis rotata</i> Kudo	唇形科 Labiatae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	小坚果 Nutlet
全缘叶绿绒蒿 <i>Meconopsis integrifolia</i> Maxim	罂粟科 Papaveraceae	杂草 Forb	多年生草本 Perennial	无 None	蒴果 Capsule
小米草 <i>Euphrasia pectinata</i> Ten Fl. Jap.	玄参科 Scrophulariaceae	杂草 Forb	1 年生植物 Annuals	翅 Wing	种子 Seed
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i> Maxim	玄参科 Scrophulariaceae	杂草 Forb	1 年生植物 Annuals	无 None	种子 Seed

1.2.2 繁殖体平均方差测定 用游标卡尺量测繁殖体的长、宽、高,除掌叶大黄果实和小米草种子带翅量测外,其余均去附属物量测。用 Thompson 等^[3]介绍的方法衡量繁殖体的形状,即将种子形状与球形形状对比,根据繁殖体长、宽、高计算方差,方差 = $[3 \times (长^2 + 宽^2 + 高^2) - (长 + 宽 + 高)^2] / 3^2$ 。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,然后求出宽和高相对于长的比值。每种植物重复测量 5 次,然后求出每

种繁殖体形状的平均方差。

2 结果与分析

2.1 43 种植物繁殖体的质量特点

由表 2 可知,43 种植物繁殖体的质量差别很大,最小的单粒质量不足 0.03 mg,如毛茛;最大的约 5.9 mg,如掌叶大黄。

1 年生植物皆为杂草,除小米草外,其他植物的繁殖体单粒质量均小于 1 mg,平均单粒质量 0.517 mg。多年生植物中 57% 是杂草,43% 是牧草,平均

单粒质量 0.969 mg。48% 多年生杂草的繁殖体单粒质量超过 1 mg, 如葵花大蓟果实、马尿泡种子及掌叶大黄果实等; 而牧草的繁殖体质量偏小(平均单粒质量 0.518 mg), 只有 13% 多年生牧草的繁殖体单粒质量超过 1 mg。由此可见, 多年生植物较 1 年生植物的繁殖体单粒质量大, 杂草繁殖体单粒质量

明显高于牧草。

除垂穗披碱草和青藏苔草外, 其他禾本科和莎草科植物的繁殖体单粒质量均小于 1 mg, 1/3 菊科植物的繁殖体单粒质量超过 1 mg。但总体而言, 以上 3 个科的植物繁殖体平均单粒质量差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 43 种植物的繁殖体质量

Table 2 Diaspore quality of 43 plant species

植物种 Species	单粒质量/ mg Diaspore quality	植物种 Species	单粒质量/ mg Diaspore quality
冷蒿 <i>Artemisia frigid</i> Wild.	0.127	唐古拉苔草 <i>Carex tangulashanensis</i> Y. C. Yang	0.387
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i> Bunge	0.486	青藏苔草 <i>Carex moorcroftii</i> Falc. ex Boott	1.273
黄帚橐吾 <i>Ligularia virgaurea</i> Mattf.	1.803	黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i> Schkuhr s. bsp. <i>minor</i> T. Koyama	0.508
箭叶橐吾 <i>Ligularia sagitta</i> Mattf.	0.230	二柱头蔗草 <i>Scirpus distigmaticus</i> Tang et Wang	0.561
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i> Maxim	0.126	华扁穗草 <i>Blysmus sinocompressus</i> Tang et Wang	0.395
葵花大蓟 <i>Cirsium souliei</i> Mattf.	3.179	藏蒿草 <i>Kobresia schoenoides</i> Steud. Syn. Cyperac	0.404
瑞苓草 <i>Saussurea nigrescens</i> Maxim	1.222	掌叶大黄 <i>Rheum palmatum</i> L. sp. Pl. ed.	5.905
臭蒿 <i>Artemisia hedini</i> Stenf.	0.102	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i> Maxim	0.914
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i> Hand.-Mazz	0.049	甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i> Bunge	1.129
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i> Anth	1.113	青海棘豆 <i>Oxytropis qinghaiensis</i> Y. H. Wu	1.025
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i> Maxim	0.790	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i> Thunb Linn. Soc	0.028
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i> Tzvel	0.114	兰花翠雀 <i>Delphinium caeruleum</i> Jscq ex Camb	0.361
洽草 <i>Koeleria cristata</i> Pers.	0.126	西藏梭子芹 <i>Pleurospermum hookeri</i> Clarke var. <i>thomsonii</i> Clarke	1.525
羊茅 <i>Festuca ovina</i> L. sp. Pl.	0.261	马尿泡 <i>Przewalskia tangutica</i> Maxim	3.980
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i> L. sp. Pl.	0.238	湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i> Ma	0.136
早熟禾 <i>Poa annua</i> L. sp. Pl.	0.322	麻花苳 <i>Gentiana straminea</i> Maxim	0.113
青海早熟禾 <i>Poa rossbergiana</i> Hao.	0.357	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i> L. sp. Pl.	0.575
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i> Keng ex. Tzvel	0.613	独一味 <i>Lamiophlomis rotata</i> Kudo	0.426
太白细柄茅 <i>Ptilagrostis concinna</i> Roshev.	0.361	全缘叶绿绒蒿 <i>Meconopsis integrifolia</i> Maxim.	2.796
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> Griseb.	1.920	小米草 <i>Euphrasia pectinata</i> Ten Fl. Jap.	1.285
星星草 <i>Puccinellia tenuiflora</i> Scribn.	0.183	甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i> Maxim	0.486
矮生蒿草 <i>Kobresia humilis</i> Sevg.	0.378		

表 3 43 种植物繁殖体质量的分组结果

Table 3 Grouping of single diaspore quality of 43 plant species

单粒质量/ mg Diaspore quality	繁殖体 Diaspore	植物种 Plant species
< 0.1	种子 Seed	毛茛 (<i>Ranunculus japonicus</i>)
	果实 Fruit	矮火绒草 (<i>Leontopodium nanum</i>)
0.1~ 0.5	种子 Seed	麻花苳 (<i>Gentiana straminea</i>)、湿生扁蕾 (<i>Gentianopsis paludosa</i>)、兰花翠雀 (<i>Delphinium caeruleum</i>)、唐古拉苔草 (<i>Carex tangulashanensi</i>)、甘肃马先蒿 (<i>Pedicularis kansuensis</i>)、臭蒿 (<i>Artemisia hedini</i>)、细叶亚菊 (<i>Ajania tenuifolia</i>)、乳白香青 (<i>Anaphalis lactea</i>)、洽草 (<i>Koeleria cristata</i>)、冷蒿 (<i>Artemisia frigid</i>)、星星草 (<i>Puccinellia tenuiflora</i>)、箭叶橐吾 (<i>Ligularia sagitta</i>)、紫羊茅 (<i>Festuca rubra</i>)、羊茅 (<i>Festuca ovina</i>)、早熟禾 (<i>Poa annua</i>)、青海早熟禾 (<i>Poa rossbergiana</i>)、太白细柄茅 (<i>Ptilagrostis concinna</i>)、矮生蒿草 (<i>Kobresia humilis</i>)、华扁穗草 (<i>Blysmus sinocompressus</i>)、藏蒿草 (<i>Kobresia schoenoides</i>)、全缘叶绿绒蒿 (<i>Meconopsis integrifolia</i>)、柔软紫菀 (<i>Aster flaccidus</i>)
	果实 Fruit	二柱头蔗草 (<i>Scirpus distigmaticus</i>)、灰绿藜 (<i>Chenopodium glaucum</i>)
0.5~ 1.0	种子 Seed	黑褐苔草 (<i>Carex atrofusca</i>)、双叉细柄茅 (<i>Ptilagrostis dichotoma</i>)、星状风毛菊 (<i>Saussurea stella</i>)、西伯利亚蓼 (<i>Polygonum sibiricum</i>)
	果实 Fruit	

续表 3 Continue table 3

单粒质量/mg Diaspore quality	繁殖体 Diaspore	植物种 Plant species
< 0.1	种子 Seed	毛茛(<i>Ranunculus japonicus</i>)
	果实 Fruit	矮火绒草(<i>Leontopodium nanum</i>)
1.0~ 2.0	种子 Seed	青海棘豆(<i>Oxytropis qinghaiensis</i>)、甘肃棘豆(<i>Oxytropis kansuensis</i>)、小米草(<i>Euphrasia pectinata</i>)、西藏梭子芹(<i>Pleurospermum hookeri</i> var. <i>thomsonii</i>)
	果实 Fruit	美丽风毛菊(<i>Saussurea superba</i>)、瑞玲草(<i>Saussurea nigrescens</i>)、青藏苔草(<i>Carex moorcroftii</i>)、黄帚囊吾(<i>Ligularia virgaurea</i>)、垂穗披碱草(<i>Elymus nutans</i>)
> 2.0	种子 Seed	马尿泡(<i>Przewalskia tangutica</i>)
	果实 Fruit	独一味(<i>Lamiophlomis rotata</i>)、葵花大蓟(<i>Cirsium soubieii</i>)、掌叶大黄(<i>Rheum palmatum</i>)

根据繁殖体单粒质量将 43 种植物分为 5 个组别(表 3)。在每组中,种子和果实繁殖体均有分布。以果实为繁殖体的植物中,矮火绒草果实最轻,独一味、葵花大蓟和掌叶大黄果实均较重。以种子为繁殖体的植物中,毛茛种子最轻,马尿泡种子最重。各植物种果实与种子间的平均单粒质量(分别为 0.892 mg 和 0.908 mg)无显著差异

2.2 43 种植物繁殖体的形状特点

由表 4 可知,43 种植物繁殖体形状的平均方差为 0.007~ 0.164,说明繁殖体形状差异很大。

表 5 显示,对繁殖体为果实的植物,其形状可以大致分为 5 个组别:西伯利亚蓼和掌叶大黄的果实最接近圆球形(平均方差< 0.06);箭叶囊吾、青海早熟禾和垂穗披碱草的果实偏长(平均方差> 0.15)。对繁殖体为种子的植物,其形状可以大致分为 4 个

组别:毛茛、灰绿藜、甘肃棘豆、青海棘豆、湿生扁蕾、兰花翠雀、甘肃马先蒿、马尿泡及二柱头鹿草的种子接近圆球形(平均方差< 0.06),而小米草和西藏梭子芹种子相对偏长(0.09< 平均方差< 0.12)。相比之下,种子三维间的差异(平均方差 0.056)较果实的(平均方差 0.11)小。

除小米草外,1 年和 1/2 年生植物繁殖体三维差异小(平均方差≤0.09),多年生植物繁殖体三维差异较大(平均方差达 0.096);另外,62% 杂草繁殖体形状的平均方差≤0.09,而 69% 牧草繁殖体形状的平均方差> 0.09,说明牧草繁殖体较杂草的扁、长。

禾本科、菊科、莎草科植物大多有扁平或细长繁殖体(平均方差> 0.09)。

表 4 43 种植物的繁殖体方差

Table 4 Diaspore variances of 43 plant species

植物种 Species	平均方差 Mean variance	植物种 Species	平均方差 Mean variance
冷蒿 <i>Artemisia frigid</i> Wild.	0.094	唐古拉苔草 <i>Carex tangulashanensis</i> Y. C. Yang	0.064
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i> Bunge	0.136	青藏苔草 <i>Carex moorcroftii</i> Falc. ex Boott	0.070
黄帚囊吾 <i>Ligularia virgaurea</i> Mattf.	0.129	黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i> Schkuhr subsp. <i>minor</i> T. Koyama	0.102
箭叶囊吾 <i>Ligularia sagitta</i> Mattf.	0.161	二柱头蔗草 <i>Scirpus distigmaticus</i> Tang et Wang	0.059
乳白香青 <i>Anaphalis lacteal</i> Maxim	0.077	华扁穗草 <i>Blysmus sinocompressus</i> Tang et Wang	0.148
葵花大蓟 <i>Cirsium soubieii</i> Mattf.	0.126	藏蒿草 <i>Kobresia schoenoides</i> Steud. Syn. Cyperac	0.135
瑞玲草 <i>Saussurea nigrescens</i> Maxim.	0.130	掌叶大黄 <i>Rheum palmatum</i> L. Sp. Pl. ed.	0.061
臭蒿 <i>Artemisia hedini</i> Stenfl.	0.082	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i> Maxim	0.041
矮火绒草 <i>Leontopodium nanum</i> Hand.-Mazz	0.125	甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i> Bunge	0.032
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i> Anth	0.115	青海棘豆 <i>Oxytropis qinghaiensis</i> Y. H. Wu	0.044
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i> Maxim	0.110	毛茛 <i>Ranunculus japonicus</i> Thunb Linn. Soc	0.007
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i> Tzvel	0.086	兰花翠雀 <i>Delphinium caeruleum</i> Jsq ex Camb	0.055
洽草 <i>Koeleria cristata</i> Pers.	0.119	西藏梭子芹 <i>Pleurospermum hookeri</i> Clarke Var. <i>thomsonii</i> Clarke	0.118
羊茅 <i>Festuca ovina</i> L. Sp. Pl.	0.061	马尿泡 <i>Przewalskia tangutica</i> Maxim	0.058
紫羊茅 <i>Festuca rubra</i> L. Sp. Pl.	0.061	湿生扁蕾 <i>Gentianopsis paludosa</i> Ma	0.043
早熟禾 <i>Poa annua</i> L. Sp. Pl.	0.102	麻花苳 <i>Gentiana straminea</i> Maxim	0.061
青海早熟禾 <i>Poa rossbergiana</i> Hao.	0.163	灰绿藜 <i>Chenopodium glaucum</i> L. Sp. Pl.	0.026
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i> Keng ex. Tzvel	0.120	独一味 <i>Lamiophlomis rotata</i> Kudo	0.085
太白细柄茅 <i>Ptilagrostis concinna</i> Roshev.	0.128	全缘叶绿绒蒿 <i>Meconopsis integrifolia</i> Maxim.	0.071
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i> Griseb.	0.164	小米草 <i>Euphrasia pectinata</i> Ten Fl. Jap.	0.111
星星草 <i>Puccinella tenuiflora</i> Scribn.	0.128	甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i> Maxim	0.056
矮生高草 <i>Kobresia humilis</i> Sevg.	0.143		

表 5 43 种植物繁殖体形状平均方差的分组结果
Table 5 Grouping of diaspores mean variances of 43 plant species

平均方差 Mean variance	繁殖体 diaspore	植物种 Plant species
< 0.030	种子 Seed	毛茛 (<i>Ranunculus japonicus</i>)、灰绿藜 (<i>Chenopodium glaucum</i>)
	果实 Fruit	-
0.031~ 0.060	种子 Seed	甘肃棘豆 (<i>Oxytropis kansuensis</i>)、青海棘豆 (<i>Oxytropis qinghaiensis</i>)、湿生扁蕾 (<i>Gentianopsis paludosa</i>)、兰花翠雀 (<i>Delphinium caeruleum</i>)、甘肃马先蒿 (<i>Pedicularis kansuensis</i>)、马尿泡 (<i>Przewalskia tangutica</i>)、二柱头藨草 (<i>Scirpus distigmaticus</i>)
	果实 Fruit	西伯利亚蓼 (<i>Polygonum sibiricum</i>)、掌叶大黄 (<i>Rheum palmatum</i>)
0.061~ 0.090	种子 Seed	麻花苳 (<i>Gentiana straminea</i>)、唐古拉苔草 (<i>Carex tangulashanensis</i>)
	果实 Fruit	羊茅 (<i>Festuca ovina</i>)、紫羊茅 (<i>Festuca rubra</i>)、青藏苔草 (<i>Carex moorcroftii</i>)、全缘叶绿绒蒿 (<i>Mecoropsis integrifolia</i>)、乳白香青 (<i>Anaphalis lactea</i>)、臭蒿 (<i>Artemisia hedini</i>)、独一味 (<i>Lamiophlomis rotata</i>)、细叶亚菊 (<i>Ajania tenuifolia</i>)
0.091~ 0.120	种子 Seed	小米草 (<i>Euphrasia pectinata</i>)、西藏梭子芥 (<i>Pleurospermum hookeri</i> var. <i>thomsonii</i>)
	果实 Fruit	冷蒿 (<i>Artemisia frigid</i>)、黑褐苔草 (<i>Carex atrifusca</i>)、早熟禾 (<i>Poa annua</i>)、星状风毛菊 (<i>Saussurea stella</i>)、美丽风毛菊 (<i>Saussurea superba</i>)、洽草 (<i>Koeleria cristata</i>)、双叉细柄茅 (<i>Ptilagrostis dichotoma</i>)
0.121~ 0.150	种子 Seed	-
	果实 Fruit	矮火绒草 (<i>Leontopodium nanum</i>)、葵花大蓟 (<i>Cirsium soubieii</i>)、星星草 (<i>Puccinellia tenuiflora</i>)、太白细柄茅 (<i>Ptilagrostis concinna</i>)、黄帚橐吾 (<i>Ligularia virgaurae</i>)、瑞玲草 (<i>Saussurea nigrescens</i>)、藏蒿草 (<i>Kobresia schoenoides</i>)、柔软紫苑 (<i>Aster flaccidus</i>)、华扁穗草 (<i>Blysmus sinocompressus</i>)、矮生蒿草 (<i>Kobresia humilis</i>)
0.151~ 0.180	种子 Seed	-
	果实 Fruit	箭叶橐吾 (<i>Ligularia sagitta</i>)、青海早熟禾 (<i>Poa rossbergiana</i>)、垂穗披碱草 (<i>Elymus nutans</i>)

3 讨论

植物繁殖体质量和形状与土壤种子库寿命关系密切。Thompson 等^[3]研究了 97 种英格兰植物后发现, 如果繁殖体是球形或接近球形、质量小于 3 mg 的致密繁殖体, 在土壤中具有持久性(即在土壤中可保持至少 5 年); 如果繁殖体扁平或细长, 则土壤种子库寿命短。Funes 等^[16]量测了 71 种阿根廷草本植物后得到的结论验证了 Thompson 等^[3]的假说。但是, Leishman 等^[17]研究了 101 种澳大利亚植物以及 Moles 等^[7]研究了 47 种新西兰植物后, 对 Thompson 等的假说提出了质疑, 他们发现具有长寿种子的物种与具有短寿种子的物种相比, 前者的种子有偏小的趋势, 但其中大粒、长形或扁平的长寿种子也相对普遍。尽管众多研究者关于种子形态对种子持久性的作用效果所得结论不一致, 但共同结论为: 小粒、近圆球形种子易于形成持久种子库, 而持久种子库在使植被缓冲空间或时间上不可预测的干扰所造成的破坏方面具有选择优势^[18]。

在一个既定繁殖分配值下, 种子大小与种子数量存在均衡关系^[19]。因此, 小粒种子常与大的产种量相伴^[4]。与大粒种子植物相比, 小粒种子植物有更大的多度范围、更广泛的空间占有量、出现的年份更多^[6], 且小粒种子可能至少部分地表现了抵御捕食的功能^[2]。

本研究中, 43 种植物中繁殖体质量小于 1 mg 且比较接近圆球形(平均方差 < 0.09)的植物有 15

种: 毛茛、麻花苳、湿生扁蕾、兰花翠雀、唐古拉苔草、甘肃马先蒿、臭蒿、细叶亚菊、乳白香青、紫羊茅、羊茅、全缘叶绿绒蒿、二柱头藨草、灰绿藜及西伯利亚蓼, 它们可能具有持久种子库^[20]。这意味着它们具有适应频繁干扰的能力。从目前高寒草甸植被的现状看, 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。

植物生活型是植物对环境条件适应后在其生理、结构上的一种具体反映^[21], 是植物生活史的一个重要方面。繁殖体的质量、形状与植物生活型可能有关。本试验结果进一步证明, 多年生植物繁殖体的质量大于 1 年生植物。究其原因, 其一可能是因为 1 年生植物要求繁殖体库分担更多延续生命的危险, 而分担这种危险的方式之一就是产生大量的小繁殖体, 以扩大风媒植物或无特别形态结构的繁殖体的时空分布^[22]; 另一种可能是大繁殖体需要更多的发育时间^[23]; 第三种可能是具有较大繁殖体的植物一般具有较低的相对生长率, 以维持一个较大的、可自由移动的碳水化合物和矿质资源库用来呼吸, 以应对各种胁迫, 因而大繁殖体的物种具有较好的定居和生长能力^[24,25]。

繁殖体较大的植物在幼苗开始生长阶段, 有更大比例的繁殖体储藏物可供应幼苗结构形成或应用于呼吸作用以及修复被伤害的部位, 因而更能适应严酷的环境^[26]。本研究结果表明, 高寒草甸杂草繁殖体单粒质量较牧草重, 这可能是导致三江源区高

寒草甸草地退化、生物多样性丧失和杂草入侵的原因之一。

菊科、禾本科、莎草科植物的繁殖体单粒质量和形状差异均不显著。

繁殖体附属物在植物的传播和定居方面具有重要作用^[9]。有研究指出,种子通过具翅、柔毛或羽状物实现风媒传播^[27]。禾草植物繁殖体可通过芒的主动运动将自身固结在土壤表面的裂隙中^[28]。本研究中,75%的菊科植物具有冠毛;蓼科植物掌叶大黄、玄参科植物小米草有翅,这些植物都可被风传播;89%的禾本科植物具芒,它们可能具有固结自身的作用。至于其确切的传播方式,有待于进一步验证。

有文献^[29]报道,细长种子和具有吸湿芒、冠毛或齿的种子有迅速萌发的趋势,禾本科和菊科植物尤其如此。本研究中,菊科、禾本科植物多有扁平或细长繁殖体,且多数具有附属物,至于其是否能够迅速萌发,有待下一步研究予以验证。

4 结 论

笔者对高寒草甸主要植物的繁殖体质量、形状进行了多物种比较研究,初步分析了繁殖体质量和形状对植物物种扩散和定居等方面的影响。结果表明,繁殖体的质量和形状在一定程度上反映出植物适应环境的能力,粒重较小且接近圆球形的繁殖体易于扩散,易形成持久土壤种子库;繁殖体越大,储存的能量越多,植物物种适应环境的潜力越大,具有较大繁殖体的杂草更能克服不利环境而得以繁衍,这可能是造成目前高寒草甸杂草入侵、草场退化的原因之一。繁殖体附属物在植物繁殖方面也具有重要作用。

[参考文献]

- [1] 刘志民,蒋德明,高红瑛,等.植物生活史繁殖对策与干扰关系的研究[J].应用生态学报,2003,14(3):418-422.
Liu Z M, Jiang D M, Gao H Y, et al. Relationships between plant reproductive strategies in the life history and disturbance [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(3): 418-422. (in Chinese).
- [2] Thompson K. Seed and seed banks [J]. New Phytologists, 1987, 106: 23-34.
- [3] Thompson K, Band S R, Hodgson J G. Seed size and shape predict persistence in soil [J]. Functional Ecology, 1993, 7: 236-241.
- [4] Weiher E, Van der Werf A, Thompson K, et al. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional

ecology [J]. Journal of Vegetation Science, 1999, 10: 609-620.

- [5] Lloret F, Casanovas C, Penuelas J. Seedling survival of *Mediterranean shrubland* species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use [J]. Functional Ecology, 1999, 13: 210-216.
- [6] Guo Q, Brown J H, Valone T J, et al. Constraints of seed size on plant distribution and abundance [J]. Ecology, 2000, 81: 2149-2155.
- [7] Moles A T, Hodson D W, Webb C J. Seed size and shape and persistence in the soil in the New Zealand flora [J]. Oikos, 2000, 89: 541-545.
- [8] 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[J].内蒙古大学学报:自然科学版,2001,32(3):280-286.
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 [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol, 2001, 32(3): 280-286. (in Chinese)
- [9] 闫巧玲,刘志民,骆永明,等.科尔沁沙地78种植物繁殖体重量和形状比较[J].生态学报,2004,24(11):2422-2429.
Yan Q L, Liu Z M, Luo Y M, et al. A comparative study on diaspore weight and shape of 78 species in the Horqin Steppe [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(11): 2422-2429. (in Chinese)
- [10] 黄振英,董鸣,张淑敏.沙鞭(禾本科)种子在沙丘上的萌发策略及幼苗的耐干燥特性[J].生态学报,2005,25(2):298-303.
Huang Z Y, Dong M, Zhang S M. Strategies of seed germination on sand dune and seedling desiccation tolerance of *Psammochoa villosa* (Poaceae) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(2): 298-303. (in Chinese)
- [11] Huang Z Y, Gutterman Y. Comparison of germination strategies of *Artemisia ordosica* with its two congeners from desert of China and Israel [J]. Acta Botanica Sinica, 2000, 42(1): 71-80.
- [12] 赵新全,周华坤.三江源区生态环境退化、恢复治理及其可持续发展[J].中国科学院院刊,2005,20(6):471-476.
Zhao X Q, Zhou H K. Eco-Environmental degradation, vegetation regeneration and sustainable development in the headwaters of Three Rivers on Tibetan Plateau [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2005, 20(6): 471-476. (in Chinese)
- [13] 邓自发,谢晓玲,王启基,等.高寒草甸藏嵩草种群繁殖对策的研究[J].应用与环境生物学报,2001,7(4):332-334.
Deng Z F, Xie X L, Wang Q J, et al. Study on reproduction strategies of *Kobresia tibetica* population on Alpine meadow [J]. Chin J Appl Environ Biol, 2001, 7(4): 332-334. (in Chinese)
- [14] 周华坤,赵新全,赵亮,等.高山草甸垂穗披碱草人工草地群落特征及稳定性研究[J].中国草地学报,2007,29(2):13-25.

- Zhou H K, Zhao X Q, Zhao L, et al. The community characteristics and stability of the *Elymus nutans* artificial grassland in Alpine meadow [J]. Chinese Journal of Grassland, 2007, 29 (2): 13-25. (in Chinese)
- [15] 中国科学院西北高原生物研究所青海植物志编辑委员会. 青海植物志 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1997. Editorial Committee of Flora Qinghaiica of Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences. Flora Qinghaiica [M]. Xining: Qinghai People's Press, 1997. (in Chinese)
- [16] 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 [J]. Seed Science Research, 1999, 9(4): 341-345.
- [17] 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 [J]. Functional Ecology, 1998, 12(3): 480-485.
- [18] Thompson K. The functional ecology of seed banks [C]// Fenner M. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. Melksham: Rebwood Press Limited, 1992: 231-258.
- [19] Leishman M R. Does the seed size/number tradeoff model determine plant community structure? An assessment of the model mechanisms and their generality [J]. Oikos, 2001, 93: 294-302.
- [20] 周兴民, 王启基, 赵新全. 中国嵩草草甸 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- Zhou X M, Wang Q J, Zhao X Q. *Kobresia* meadow of China [M]. Beijing: Science Press, 2001. (in Chinese)
- [21] Muelier D D, Ellenberg H. Aims and methods of vegetation [M]. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- [22] Brown J S, Venable D L. Evolutionary ecology of seed bank annuals in temporally varying environments [J]. American Naturalist, 1986, 127: 314-317.
- [23] Baker H G. Seed weight in relation to environmental conditions in California [J]. Ecology, 1972, 53: 997-1010.
- [24] Garnier E. Growth analysis of congeneric annual and perennial grass species [J]. Journal of Ecology, 1992, 80: 665-675.
- [25] Peco B, Traba J, Levasor C, et al. Seed size shape and persistence in dry Mediterranean grass and scrublands [J]. Seed Science Research, 2003, 13: 87-95.
- [26] Willson M F. Plant reproductive ecology [M]. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- [27] Grime J P. Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties [M]. Chichester: John Wiley & Sons, 2001.
- [28] Peart M H. Experiments on the biological significance of the morphology of seed dispersal units in grasses [J]. Journal of Ecology, 1979, 67: 843-863.
- [29] Thompson K. Morphology and color [C]// Hendry G A F. Methods in comparative plant ecology - A laboratory manual. London: Chapman & Hall, 1993: 194-196.

(上接第 194 页)

- [12] 夏凯龄. 中国动物志, 昆虫纲, 第 4 卷, 直翅目, 蝗总科: 癞蝗科, 瘤锥蝗科, 锥头蝗科 [M]. 北京: 科学出版社, 1994: 1-616. Xia K L. Fauna Sinica, Insecta Vol. 4, Orthoptera, Acridoidea: Pamphagidae, Chrotogonidae, Pyrgomorphidae [M]. Beijing: Science Press, 1994: 1-616. (in Chinese)
- [13] 张小民, 李晓玲, 郭亚平, 等. 三种蝗虫消化道贻门瓣形态比较 [J]. 动物分类学报, 2005, 30(4): 692-696. Zhang X M, Li X L, Guo Y P, et al. Stomodaeal valves morphological characters of three grasshoppers [J]. Acta Zootaxonomica Sinica, 2005, 30(4): 692-696. (in Chinese)
- [14] Bassey E, Tony G. Allometric growth and performance of the gastric caeca of *Zonocerus variegatus* (L.) (Orthoptera: Pyrgomorphidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(5): 558-566.
- [15] 杨辅安, 黄有政, 汪园林. 短额负蝗生物学特性的观察 [J]. 昆虫知识, 1996, 33(5): 278. Yang F A, Huang Y Z, Wang Y L. The observation of biological features of *Atractomorpha sinensis* [J]. Entomological Knowledge, 1996, 33(5): 278. (in Chinese)