

青藏高原矮嵩草草甸种子库的初步研究*

邓自发 周兴民 王启基

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

The Studies of Seed Bank of Kobresia humilis Meadow in Qing-Zang Plateau. Deng Zifa, Zhou Xingmin, Wang Qiji (Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai, 810001). *Chinese Journal of Ecology*, 1997, 16(5): 19 - 23.

The seed bank of *Kobresia humilis* meadow in Qing-Zang Plateau was preliminarily studied and the relationships among seed bank, seed rain and above-ground vegetation were compared and analysed. The results showed that there were 23 species in the seed bank in both of green up and withering stage. In species composition of the seed bank, Ranunculaceae and Leguminosae were dominant, while the percentage of Cyperaceae and Gramineae were lower. The percentage of *K. humilis* seeds was relatively lower with 0.97% in green up stage and 1.97% in withering stage. The species composition of the seed bank correlated with that of the seed rain ($r = 0.7505$, $P < 0.01$), and there were 18 common species which was 78.3% of species of the seed bank. Only 41.81% of above-ground vegetation species presented in the seed bank. The seed numbers of the dominant plant species in vegetation were smaller, with lower percentage in the seed bank. Therefore, the dominant vegetation of *K. humilis* et al. mainly depended on vegetative reproduction to maintain and strengthen. From vegetation to the seed bank in green up stage, the species diversity decreased by 9.94%. It implied that the seed bank was the source of vegetation regeneration, but also a mechanism of preserving species diversity of the plants.

Key words: *kobresia humilis* meadow, seed bank, seed rain, species diversity.

种子库 (Seed bank, seed pool) 是指存在于一定体积土壤中有活性的、休眠及未休眠种子的总合^[2]。许多种子散布到地面上以后要经过一个休眠期, 因此植物群落的种子库是对它过去状况的“进化记忆”, 也是反映现在和未来特点的一个重要因素^[4]。要完全描述一个植物群落就必须包括埋藏在土壤中的种子, 因为它们和地上植被一样是物种的组成者, 部分反映了植被的历史, 同样影响植被的未来^[7]。此外, 退化生态系统的恢复与重建都涉及到种子库的时空格局、种子萌发和幼苗的补充更新。

基于种子库在生产实践及生态学理论上的意义和作用, 国内外许多学者对种子

库的研究十分重视, 但对高寒草甸植物群落种子库的研究未见报道。本文以青藏高原矮嵩草草甸为研究对象, 对其种子库的种类组成、种子数量和物种多样性以及它与种子雨和地上植被的关系进行了比较分析, 为高寒草甸生态系统生物多样性的保护以及退化草地的恢复与重建、“黑土滩”的治理提供理论依据。

1 研究方法

1.1 材料与方法

*中国科学院北海高寒草甸生态系统开放试验站基金课题资助。

作者简介: 邓自发, 男, 28岁, 助研, 1991年毕业于陕西师范大学生物系, 1994年硕士毕业于中国科学院西北高原生物研究所, 获理学硕士学位, 主要从事植物生态学研究工作, 发表论文4篇。

本研究是1993年5~10月在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放试验站地区进行。地处北纬37°29'~37°45',东经101°12'~101°33',海拔3250m,属典型的大陆气候特点,冷季漫长,暖季短暂。年平均气温为-1.7°,年降水量约600mm,其中夏半年降水量约占80%。主要植被类型有高寒草甸、高寒灌丛和沼泽植被。土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。试验样地设在该地区分布最普遍的类型之一——矮嵩草(*Kobresia humilis*)草甸上。该类型植物种类较多,平均每1m²有20~30种,以矮嵩草为建群种,由于放牧和鼠类破坏的程度不同,次优势种有所差异。在轻度破坏的地段,异针茅(*Stipa aliena*)为次优势种,而在破坏比较严重的地段,垂穗披碱草(*Elymus nutans*)为次优势种。群落总覆盖度60%~90%。主要伴生种有小嵩草(*K. pygmaea*)、异叶米口袋(*Gueldenstaedtia diversifolia*)、麻花苳(*Gentiana straminea*)、花苳苳(*Trigonella ruthenica*)、美丽凤毛菊(*Saussurea superba*)、雅毛茛(*Ranunculus pulchellus*)等。

5月上旬(返青期)在矮嵩草草甸植被较均匀、微地形差异较小的地段,采用样线法选点16个,每一样点相距2m,取样体积为10cm×10cm×10cm(包括地上的枯枝落叶),将样土装入编号的纸袋中带回,分别泡在容器中使之尽量离散开,然后将混合物用水冲洗,通过两层筛子(上层孔径为2mm,下层孔径为0.5mm),再将过滤物分别收集在吸水纸上晾干,在5×的放大镜下将所有种子挑出,30℃恒温烘干保存。在枯黄期(9月底)再进行一次种子库的调查,方法同前。另外在站区植物成熟过程中采集各种植物种子标本,并依此为根据对种子库中的种子进行分种鉴定并计数。

7月上旬在矮嵩草草甸采用样线法选点16个,样点间距2m,每一样点放置一个内径为3.0cm的培养皿作为种子捕器(Seed trap)。培养皿口与地面平齐。10月上旬以样点为单位分别收集种子捕器中的种子,依据种子标本对捕器中的种子进行分种鉴定和计数。

1.2 数据处理

将种子库的调查数据换算成1.0m×1.0m×0.1m体积上的种子数量,种子雨(Seed rain)的调查数据换算成1m²面积上的种子数量,并依此计算其生物多样性和均匀度,多样性指数用Simpson指数(D),

$$D = 1 / \sum P_i^2$$

式中 P_i 为第*i*个物种种子数占总种子数的比例。均匀度的测定采用Pielou^[8]的均匀度指数,

$$J_s = D / (1 - 1/S)$$

式中 J_s 为均匀度指数, S 为种子库或种子雨的物种总数。

2 结果与分析

2.1 矮嵩草草甸种子库的种子数量和物种组成

经调查和统计,矮嵩草草甸种子库的物种组成和种子数量见表1。从表1可以看出,矮嵩草草甸在返青期种子库主要由23种植物组成,分属10个科属,平均单位体积(1.0m×1.0m×0.1m)有种子 1.5286×10^4 粒。其中单子叶植物占6.11%,建群种矮嵩草的种子数量仅占种子总数的0.97%。种子库中豆科和毛茛科占优势,分别占种子总数的23.67%和34.28%,其中异叶米口袋占18.97%,雅毛茛占29.77%,其次是龙胆科占11.45%,其它科属(包括未鉴定出的2种植物,占种子总数的13.42%)共占

24.53%。而在枯黄期的调查中,种子库虽然也有 23 种植物,但其物种组成和各物种所占比例与返青期的不同。分属 8 个科属,单子叶植物所占比例增加,达到 11.40%,其中莎草科占 6.31%,禾本科占 5.09%,建群种矮嵩草种子占到 1.97%,主要伴生种垂穗披碱草种子所占比例增加到 4.96%。返青期种子库中的苔草 (*Carex* spp.)、长叶碱毛茛 (*Halerpestes ruthenica*)、香薷 (*Elsholtzia calycocarpa*) 和三脉梅花草 (*Parnassia trinervis*) 在枯

黄期的调查中未出现,而返青期种子库中没有的异针茅、獐牙菜 (*Swertia tetraptera*) 和钝叶银莲花 (*Anemone obtusilopa*) 分别占枯黄期种子库的 0.13%、3.12% 和 3.53%。枯黄期种子库仍以豆科和毛茛科占优势,分别占种子总数的 27.46% 和 34.17%,其次是莎草科、龙胆科和禾本科,其它科属(包括未鉴定出的植物有 3 种,占种子总数的 15.22%) 共占 21.47%。根据以上比较以及野外观察,二者之间物种组成和各物种所占比例的差异是由它们各自

表 1 矮嵩草甸种子库物种组成和比例(1.0m ×1.0m ×0.1m)
Tab.1 Species composition and ratio of the seed bank in the *Kobresia humilis* meadow

物	种	种子数 (返青期)	百分比 (%)	种子数 (枯黄期)	百分比 (%)	重要值*
矮嵩草	<i>Kobresia humilis</i>	148	0.97	483	1.97	6.545
小嵩草	<i>K. pygmaea</i>	33	0.22	67	0.27	-
黑褐苔草	<i>Carex atrovfusca</i>	400	2.62	266	1.08	0.682
苔草	<i>Carex</i> spp.	50	0.33	-	-	-
二柱头镰草	<i>Scirpus distigmaticus</i>	168	1.10	733	2.99	2.241
垂穗披碱草	<i>Elymus nutans</i>	133	0.87	1217	4.96	6.056
异针茅	<i>Stipa aliena</i>	-	-	33	0.13	6.170
异叶米口袋	<i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	2900	18.97	3316	13.52	2.602
花苜蓿	<i>Trigonella ruthenica</i>	67	0.44	33	0.13	1.286
甘肃棘豆	<i>Oxytropis kansuensis</i>	250	1.64	1583	6.45	1.802
黄花棘豆	<i>O. caerulea</i>	400	2.62	1800	7.34	1.512
甘肃马先蒿	<i>Pedicularis kansuensis</i>	967	6.32	117	0.48	1.383
婆婆那	<i>Veronica eriogyna</i>	17	0.11	17	0.07	0.095
雪白委陵菜	<i>Potentilla nivea</i>	650	4.25	1316	5.37	3.328
纯叶银莲花	<i>Anemone obtusilopa</i>	-	-	867	3.53	0.955
长叶碱毛茛	<i>Halerpestes ruthenica</i>	683	4.47	-	-	0.691
雅毛茛	<i>Ranunculus pulchellus</i>	4550	29.77	7516	30.64	2.469
尖叶龙胆	<i>Gentiana aristata</i>	100	0.65	117	0.48	2.567
麻花苳	<i>G. straminea</i>	1368	8.95	450	1.83	3.857
獐牙菜	<i>Swertia tetraptera</i>	-	-	766	3.12	1.580
湿生扁蕾	<i>Gentianopsis paludosa</i>	283	1.85	17	0.07	1.422
摩苓草	<i>Morina chinensis</i>	33	0.22	80	0.77	3.290
三脉梅花草	<i>Parnassia trinervis</i>	17	0.11	-	-	-
香薷	<i>Elsholtzia calycocarpa</i>	17	0.11	-	-	-
其它种		2052(2)**	13.42	3733(3)	15.22	-
合计		15286	100.00	24527	100.00	

*:重要值 = (相对密度 + 相对频度 + 相对高度 + 相对盖度 + 相对生物量) / 5;

** :括号内的数据为物种数.

的生物特性引起的。在 9 月底麻花苳等植物的大部分种子尚未成熟,湿生扁蕾

(*Gentianopsis paludosa*) 和甘肃马先蒿 (*Podicularis kansuensis*) 等植物也有大量

种子仍在子房中,所以此时这些植物的种子在种子库中较少。同时可以看出,经过漫长的冬季,除去返青时部分种子萌发成幼苗和其它原因造成种子损失外,矮嵩草草甸种子库中仍有 62.32% 的种子继续存留。两次调查结果表明,矮嵩草草甸种子库种子数量均为 19907 粒·m⁻²,而且植被中次要种种子数量在种子库中占绝对优势,这同其它有关多年生植物草甸草原种子库研究结果一致(18875 ~ 19625 粒·m⁻²)^[6]

2.2 矮嵩草草甸种子雨

矮嵩草草甸种子雨主要由 20 种植物组成,隶属 10 个科属,有种子 14243 粒·m⁻²(表2)。在其物种组成上,单子叶植

表2 矮嵩草草甸种子雨的物种组成和比例(m²)

Tab.2 Species composition and ratio of the seed rain in the *Kobresia humilis* meadow

物种	种子数	百分比 (%)
矮嵩草	<i>Kobresia humilis</i>	354 2.48
二柱头镰草	<i>Scirpus distigmaticus</i>	133 0.93
黑褐苔草	<i>Carex atrovfusca</i>	177 1.24
垂穗披碱草	<i>Elymus nutans</i>	531 3.73
异针茅	<i>Stipa aliena</i>	133 0.93
美丽凤毛菊	<i>Saussurea superba</i>	1239 8.70
异叶米口袋	<i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>	310 2.17
甘肃棘豆	<i>Oxytropis kansuensis</i>	265 1.86
黄花棘豆	<i>O. caerulea</i>	885 6.21
甘肃马先蒿	<i>Pedicularis kansuensis</i>	221 1.55
婆婆那	<i>Veronica eriogyna</i>	310 2.17
雪白委陵菜	<i>Potentilla nivea</i>	487 3.41
纯叶银莲花	<i>Anemone obtusiloba</i>	221 1.55
雅毛茛	<i>Ranunculus pulchellus</i>	4025 28.26
尖叶龙胆	<i>Gentiana aristata</i>	1769 12.42
麻花苳	<i>G. straminea</i>	177 1.24
獐牙菜	<i>Swertia tetraptera</i>	1504 10.56
湿生扁蕾	<i>Gentianopsis paludosa</i>	973 6.83
摩苓草	<i>Morina chinensis</i>	354 2.48
宽叶羌活	<i>Notopterygium forbesii</i>	177 1.24
合计		14243 100.00

物占 9.31%,其中莎草科和禾本科所占比例相当,分别为 4.65% 和 4.66%。建群种矮嵩草占 2.48%,主要伴生种垂穗披碱草占 3.73%。种子雨主要集中在龙胆科和毛茛科上,分别占种子总数的 31.05% 和 29.81%,其次是豆科,占 10.24%。在种的水平上占比例最大的三种植物是雅毛茛、尖叶龙胆 (*Gentiana aristata*) 和獐牙菜,分别占种子总数的 28.26%、12.42% 和 10.56%。

由于许多植物种子的散布过程一直可以持续到次年 2 月,而矮嵩草草甸又是冬春草场,这样就有大量植物种子尚未脱落就随同植物一起被牲畜所采食。有关种子在没有脱离植物体前家畜和鸟类采食的部分有待于进一步研究。

2.3 种子库与种子雨和地上植被的关系

通过表 1 和表 2 的比较分析,矮嵩草草甸种子库和种子雨在物种组成上有一定的相似性($r = 0.7505, p < 0.01$)。在科的层次上二者分布规律基本一致,毛茛科、豆科和龙胆科占优势,而莎草科和禾本科所占比例相对较小。二者共有 18 个种,分别占种子库和种子雨物种总数的 78.3% 和 90%。其中建群种矮嵩草和次优势种垂穗披碱草等种子所占比例都较低,而次要种雅毛茛和黄花棘豆等植物种子占较大比例。

地上植被的物种组成与种子库和种子雨的都有较大差异。地上植被中有 41.81% 和 36.3% 的植物分别在种子库和种子雨中出现,这和其它对高寒生境植物群落种子库研究的结果相一致(共有种比例为 27% ~ 45%)^[5]。不同植物在自然环境中的生活史对策及其种子的生物、物理特性各有不同,包括繁殖策略、种子产量、种子大小、外部特征等,这些因素都直接影响植物种在地上植被、种子库和种子雨中

的地位和比例,即各物种在地上植被、种子库和种子雨中的多度决定于它们的生活史^[3]。因此,矮嵩草、异针茅和垂穗披碱草等能通过营养繁殖形成分蘖芽而占据生境的多年生莎草科和禾本科植物在地上植被中占有优势,在种子库和种子雨中所占比例相对较低,而雅毛茛、异叶米口袋、麻花苳等植物主要依赖于有性繁殖传种接代,它们的种子较小而数量较大,不易被动物取食而易被土壤所掩埋,所以尽管它们在地上植被中处于次要地位,但在种子库和种子雨中占有绝对优势。由此可以看出,矮嵩草等在地上植被中的优势地位主要是依赖于营养繁殖来维持和巩固的,在其种群的延续上种子虽然也起一定的作用,但营养繁殖的作用更大,即在高寒生境中矮嵩草所采用的是以营养繁殖为主、有性繁殖为辅的繁殖策略^[1];相反,在种子库和种子雨中占较大比例的一年生或多年生次要种植物,如雅毛茛等在高寒生境中采用的是有性繁殖或以有性繁殖为主、营养繁殖为辅的繁殖对策,主要依靠种子萌发和定居来完成种群的补充更新。

表3 矮嵩草草甸种子库、种子雨和地上植被的多样性指数与均匀度指数

Tab.3 Species diversity index and evenness index of the seed bank, the seed rain and the vegetation in the *Kobresia humilis* meadow

	多样性指数	均匀度指数
种子库(返青期)	0.8392	0.8792
种子库(枯黄期)	0.8457	0.8880
种子雨	0.8713	0.9171
地上植被	0.9318	0.9592

经过计算和分析,种子库、种子雨和地上植被的物种多样性指数和均匀度指数

见表3。从表3可以看出,多样性指数有如下规律:地上植被 > 种子雨 > 枯黄期种子库 > 返青期种子库。均匀度指数也有相同的变化趋势。由地上植被到种子雨这一过程物种多样性下降幅度较大,而种子雨到种子库以及种子库的自然变化过程(从枯黄期经过漫长冬季进入返青期)中物种多样性降低幅度较小。从地上植被直接到返青期种子库,物种多样性降低了9.94%。因此可以认为土壤种子库不仅是地上植被补充更新的源泉,还是维持植物物种多样性的一种机制。

参考文献

- [1] 邓自发,周兴民. 高寒草甸三种嵩草繁殖对策的研究. 青藏高原研究会1995年学术年会论文,1996,科学出版社.
- [2] Bigwood, D. W. et al. Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology*, 1988, **69**: 497 - 507.
- [3] Chambers J. C. Seed and vegetation dynamics in an alpine herb field: effects of disturbance type. *Can. J. Bot.*, 1993, **71**: 471 - 485.
- [4] Coffin, D. P. et al. Spatial and temporal variation in the seed bank of a semiarid grassland. *Am. J. Bot.*, 1989, **76**: 53 - 58.
- [5] Diemer, M. et al. Estimates of alpine seed bank size in two central European and one Scandinavian subarctic plant communities. *Arctic Alp. Res.*, 1993, **25** (3): 194 - 200.
- [6] Golubeva J. N. Some data on pools of viable seeds in soil under meadow - steppe vegetation (In Russian). *Byull. Mosl. Obshch. Isp. Priro.*, 1962, **67**: 76 - 89.
- [7] Major J. et al. Buried viable seeds in California bunchgrass sites and their bearing on the definition of a flora. *Vegetatio*, 1966, **13**: 253 - 282.
- [8] Pielou, E. C. *Ecological diversity*. Wiley, New York, 1975.

(收稿:1996年7月9日,改回:10月22日)