

## 腾格里沙漠南缘沙生芦苇无性系种群数量动态研究

马廷甲

新疆双河勘测设计有限公司, 新疆 博乐 833400

**[摘要]** 芦苇具有极高的营养生殖能力, 其自然族群主要通过根茎进行繁殖更新, 是典型的非有性繁殖的植物, 其生态范围非常广泛。通过对腾格里沙漠南缘—红崖山水库附近, 固定沙丘、半固定沙丘、平地 3 个生境的沙生芦苇种群动态进行实地调查研究, 编制静态生命表, 进行存活曲线、生存分析和动态指数的讨论。不同生境的沙生芦苇种群数量动态均呈增长型, 平地的种群动态有趋于稳定的趋势。腾格里沙漠南缘沙生芦苇无性系种群整体应以保护为主, 才能促进群落持续发育, 发挥更好的防风固沙效益。

**[关键词]** 沙生芦苇; 种群; 数量动态; 生命表; 生存分析

DOI: 10.33142/nsr.v1i1.12917

中图分类号: S718.5

文献标识码: A

### Study on the Quantitative Dynamics of the Clonal Population of *Phragmites Communis* in the Southern Edge of Tengger Desert

MA Tingjia

Xinjiang Shuanghe Survey and Design Co., Ltd., Bole, Xinjiang, 833400, China

**Abstract:** Reed has extremely high nutritional and reproductive abilities, and its natural population mainly reproduces and updates through roots and stems. It is a typical non sexually reproducing plant with a very wide ecological range. The population dynamics of *Phragmites australis* in three habitats of fixed dunes, semi fixed dunes and flat land near the Hongyashan Reservoir in the southern edge of Tengger Desert were investigated on the spot, and the static life table was compiled, and the survival curve, survival analysis and dynamic index were discussed. The population dynamics of sand reed in different habitats show an increasing trend, while the population dynamics on flat land tend to stabilize. The clonal population of *Phragmites communis* in the southern margin of Tengger Desert should be mainly protected in order to promote the sustainable development of the community and play a better role in wind prevention and sand fixation.

**Keywords:** sand reed; population; quantity dynamics; life table; survival analysis

#### 引言

芦苇(学名: *Phragmites communis* Trin)是一类禾本科的根茎植物, 它具备强劲的繁衍力, 并能通过根茎更新自身, 属于典型的无性繁殖植物。这种植物在经济和环保方面都具有显著的价值, 不仅是高级的饲草, 而且可用于药品制造和造纸产业。同时, 它的根系能够滤除有害物质、保水、防止堤防冲蚀和改善土壤等<sup>[1]</sup>。在沙漠地带, 芦苇借助其强壮的地下根茎和根系, 能够固定沙土并增强土壤通气性<sup>[2]</sup>。虽然过去的研究主要关注湿地环境中的芦苇形态和生理特性, 但对沙漠环境的芦苇研究却相对稀缺。因此, 我们选择了在沙漠生态环境下生活的芦苇作为研究对象, 探讨了其在不同沙质环境下的种群数量变化, 以便深入理解它在各类沙漠环境下的适应机制。

种群动态是描述在一定环境下的所有生物种群, 随着时间的推移都会展现出个体数量的增减和分布的变化, 这是生物种群独特的生命表现。种群动态涵盖了种群的数量密度、年龄组成、生命期、种群的扩展以及自然种群数量变化等诸多方面。

实际上, 植物种群数量的变动, 是环境因素与植物个

体的生存能力相互作用的结果。探究在各种环境条件下的植物种群的年龄结构、生命期、生存和死亡曲线, 能够反映植物种群的当前状况, 同时揭示出种群与环境互动对抗的关系<sup>[3]</sup>, 这对于预测群落未来发展趋势至关重要<sup>[4-5]</sup>。自从 J. L. 自从 1977 年 Harper 深入提出了生物构件理论<sup>[6]</sup>以来, 植物生态学中的无性系植物群研究一直是热点话题<sup>[7]</sup>。然而, 对于“无性系种群”这个词, 目前的理解会随研究对象的不同而有所差别。我们的研究围绕沙生芦苇利用无性繁殖方法增加其种群数量这一特性, 对不同沙生环境下芦苇种群数量变化进行了深入探讨, 目标是深入理解芦苇如何应对各种沙生环境, 从而为芦苇生长策略以及有益的植物资源利用提供理论基础。

#### 1 研究区概况

在甘肃的西北部, 河西走廊的东北一隅, 以及石羊河下游所覆盖的区域, 有一个名为民勤县的地方, 其坐落在东经 101° 49' 41" ~ 104° 12' 10"、北纬 38° 3' 45" ~ 39° 27' 37" 的位置上。围绕它的三面, 东、西、北, 都是被腾格里和巴丹吉林两大沙漠所包围。

纬距约 156km, 经长约 206km 的民勤县面积大致在 1.59 万 km<sup>2</sup> 左右。海拔从最低的 1298m 到最高的 1936m, 平均大约在 1400m 左右。其地形主要以沙漠、低矮的山丘和平原为主。四周地势较高, 多为侵蚀留下的残丘, 流动和半流动的大沙丘, 以及戈壁。然而中心偏北的部分, 是一块像浅锅底一般的农业绿洲。本地防风固沙工作对保持绿洲农业的持续发展起着关键性的作用。因其三面被沙漠包围, 气候呈现着典型的温带大陆性干旱气候特征, 如: 冬季寒冷、夏季炎热、降雨稀少、日照时间长、昼夜温差大等。年平均湿度仅为 5.5, 年平均风速达 2.45 m/s, 降雨量仅有 110mm, 而蒸发量却高达 2644mm, 日夜温差能达到 25.2℃, 年平均气温仅有 7.8℃, 日照时间 3073.5 小时, 无霜期 162 天。

以腾格里沙漠南缘—红崖山水库周围固定沙丘、半固定沙丘与平地为研究区域。

在固定沙丘区域, 植物的生长情况良好, 主要的植物品种有白刺 (*Nitraria tangutorum*)、沙生芦苇、沙蒿 (*Artemisia desteriorum* Spreng)、苦豆子 (*Sophora alopecuroides* L)、沙拐枣 (*Calligonum mongolicum* L)、刺蓬 (*Cornulaca alaschanica ordosica*) 和五星蒿 (*Echinopsilon divaricatum* Kar. et Kir) 等。这些植被的覆盖率大概有 20%, 结皮厚度约在 4~5cm, 干沙部分的厚度则大约是 10~30cm。

在半固定沙丘区域, 常见的植被主要包括白刺、沙蒿、沙生芦苇和五星蒿等, 偶尔也可以看到花棒 (*Hedysarum scoparium*)。这些植物通常因为被沙土覆盖而呈现丛生的分布, 尤其是白刺沙包的生长发育良好。大约有 5%~15% 的地方被这些植被覆盖, 土壤结皮的厚度大概在 1~3cm, 而干燥的沙层厚度约为 10~20cm。

在平地区域, 主要植物有白刺、沙蒿、沙拐枣、苦豆子、沙米 (*Agriophyllum squarrosum* (Linn.) Moq.)、沙枣 (*Elaeagnus angustifolia* Linn.)、柽柳 (*Tamarix chinensis* Lour.) 等。植被盖度在三类区域中最大, 约为 50%~60%, 结皮厚度约为 10cm, 存在一些已经枯死在地表的沙蒿。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置

我们将半固定沙丘、固定沙丘与平地视为典型样本地进行研究, 采取随机抽样的方式进行实验。在这三种样本地上, 各自选择三个 10m×10m 的大样本区, 并在每一个大样本区内, 进一步选出三个 1m×1m 的小样本区。

### 2.2 调查方法

分别记录各个样地每一基株内所有芦苇的年龄、基径和高度, 测定各级植株的冠幅以及与母株间的距离。标记芦苇无性系母株年龄级记为最大, 其他分株以母株为参考, 记录无性系各龄级的分株个数、基径大小等指标。

## 2.3 数据处理

### 2.3.1 龄级划分

依据分蘖株距母株的距离来划分龄级。母株与相邻分蘖株的年龄间隔为一年, 距离母株最远的分蘖株为 1 龄植株, 以此类推。

### 2.3.2 生命表的编制

以种群各年龄数据为基础来编制沙生芦苇种群的静态生命表。静态生命表一般包含如下栏目:

$x$ —单位时间内年龄等级的中值;

$\Delta x$ —年龄宽带 (单位: a);

$n_x$ —在  $x$  年龄级内出现的个体数;

$l_x$ —存活率, 即  $x$  年龄期开始时的存活率,  $l_x = n_x / n_0$ ;

$d_x$ —从  $x$  到  $x+1$  年龄级间隔期内死亡数,  $d_x = l_x - l_{x+1}$ ;

$q_x$ —从  $x$  到  $x+1$  年龄级间隔期个体死亡率,  $q_x = d_x / l_x$ ;

$L_x$ —从  $x$  到  $x+1$  年龄级间隔期平均存活个体数,  $L_x = (l_x + l_{x+1}) / 2$ ;

$T_x$ —从  $x$  年龄级到超过  $x$  年龄级的个体总数, 即  $T_x = \sum L_x$ ;

$e_x$ —进入  $x$  年龄级个体的生命期望,  $e_x = T_x / l_x$ ;

$K_x$ —致死力或消失率, 从  $x$  到  $x+1$  期受到的阻力,  $K_x = \ln(l_x) - \ln(l_{x+1})$ 。

### 2.3.3 生存函数分析

为了更好地分析沙生芦苇种群的结构形式, 阐明其生存规律, 引入生存分析中的 4 个函数项目于种群分析中, 即生存率函数  $S(t)$ 、积累死亡率函数  $F(t)$ 、死亡密度函数  $f(t)$ 、危险率函数  $\lambda(t)$ 。在生命表中这 4 个函数常用下列公式估算:

生存率函数:  $S(t) = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdots P_t$  ( $P_t$  为存活率)

累计死亡率函数:  $F(t) = 1 - S(t)$

死亡密度函数:  $f(t) = \frac{S(t) - S(t-1)}{h(t)}$  ( $h(t)$  龄级宽度)

危险率函数:  $\lambda(t) = \frac{2(1 - S(t))}{h(t) \cdot (1 + S(t))}$

### 2.3.4 种群年龄结构的数量变化动态指数 ( $V_{pi}$ )

龄级间动态指数:  $V_n = \frac{S_n - S_{n+1}}{\text{Max}(S_n, S_{n+1})}$  ( $S_n$  为第  $n$  龄级种群个体数)

种群动态指数:  $V_{pi} = \frac{1}{K-1} \cdot \sum_{n=1}^{K-1} (S_n \cdot V_n)$  ( $K$  为龄级数)

龄级数修正动态指数:  $V_{pi-K} = \frac{\sum_{n=1}^{K-1} (S_n \cdot V_n)}{K \cdot \text{Min}(S_1, S_2, S_3, \dots, S_K) \cdot \sum_{n=1}^{K-1} S_n}$

非完全随机干扰修正动态指数:

$$V_{pi-P} = \text{Max} \left( \frac{P_1}{S_2}, \frac{P_2}{S_2}, \frac{P_3}{S_3}, \dots, \frac{P_K}{S_K} \right) \cdot \frac{\sum_{n=1}^{K-1} (S_n \cdot V_n)}{\sum_{n=1}^{K-1} S_n}$$

$$(P_n = \frac{d_n}{\sum_{n=1}^K d_n}, d_n \text{ 为各龄级的死亡率})$$

## 4 结果与分析

### 4.1 不同生境沙生芦苇种群特征

表 1 为 3 个不同生境的沙生芦苇种群形态特征。可以看出,不同生境沙生芦苇种群在个体形态、株高等方面存在明显差异。

比较不同生境沙生芦苇种群的冠幅、株高、株距、基径以及密度。半固定沙丘、固定沙丘和平地冠幅和株距差异显著,并且由半固定到固定,再到平地依次增大,这可能主要由于半固定沙丘水分条件差所致;株高和基径则是平地最大,固定沙丘最小,这可能是由于平地对沙生芦苇种群的适合度相对较大,个体生长较佳;半固定沙丘的种

密度相较其他两个生境都大,这可能主要由于该生境不宜芦苇空间扩张。

### 4.2 沙生芦苇种群生命表

种群的静态生命表可以反映出其生长生境种群动态变化。生命表是研究种群数量动态变化和进行种群统计的重要工具,通过对种群生命表的编制和分析可描述特定年龄出生率、死亡率和损失率等重要参数,从而可为种群数量统计提供更多信息<sup>[8]</sup>。由沙生芦苇静态生命表可看出,不同生境的芦苇,其存活率,死亡率各不相同,处在半固定沙丘的沙生芦苇,生存条件比较的恶劣,土壤水分比较少,使得这种生境下的沙生芦苇对水分竞争加剧,存活率最高 0.357,各年龄级的存活率相差很大,存活率小于死亡率,但是,在 4 龄级之后的死亡率为 0。相对于半固定沙丘生境,固定沙丘沙生芦苇的存活率和死亡率,各龄级

表 1 不同生境沙生芦苇种群特征

| 生境类型  | 冠幅 ( $\times 10^3 \text{cm}^2$ ) | 株高 (cm)         | 基径 (cm)           | 株距 (cm)          | 种密度 (株. $\text{m}^2$ ) |
|-------|----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------------|
| 半固定沙丘 | 0.946 $\pm$ 0.032                | 112 $\pm$ 2.7   | 0.375 $\pm$ 0.011 | 10.22 $\pm$ 1.50 | 0.071 $\pm$ 0.004      |
| 固定沙丘  | 0.955 $\pm$ 0.013                | 83.5 $\pm$ 3.3  | 0.267 $\pm$ 0.007 | 15.75 $\pm$ 0.83 | 0.032 $\pm$ 0.004      |
| 平地    | 1.103 $\pm$ 0.004                | 150.3 $\pm$ 1.5 | 0.404 $\pm$ 0.016 | 16.25 $\pm$ 1.02 | 0.055 $\pm$ 0.001      |

表 2 民勤不同生境沙生芦苇种群静态生命表

| 生境类型  | 年龄 (a) x | 存活数 $n_x$ | 存活率 $l_x$ | 死亡数 $d_x$ | 死亡率 $q_x$ | $L_x$ | $T_x$ | 生命期望 $e_x$ | 消失率 $K_x$ |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|------------|-----------|
|       | 0        | 80        | 1.000     | 60        | 0.750     | 50    | 120   | 1.50       | 1.39      |
|       | 1        | 20        | 0.250     | 2         | 0.100     | 19    | 70    | 3.50       | -6.82     |
|       | 2        | 18        | 0.225     | 4         | 0.222     | 16    | 51    | 2.83       | 7.16      |
|       | 3        | 14        | 0.175     | 1         | 0.071     | 13.5  | 35    | 2.50       | 0.07      |
| 固定沙丘  | 4        | 13        | 0.163     | 4         | 0.308     | 11    | 21.5  | 1.65       | 0.37      |
|       | 5        | 9         | 0.113     | 5         | 0.556     | 6.5   | 10.5  | 1.17       | 0.82      |
|       | 6        | 4         | 0.050     | 2         | 0.500     | 3     | 4     | 1.00       | 0.69      |
|       | 7        | 2         | 0.025     | 2         | 1.000     | 1     | 1     | 0.50       | —         |
|       | 8        | 0         | 0         | —         | —         | 0     | 0     | —          | —         |
|       | 0        | 42        | 1.000     | 27        | 0.643     | 28.5  | 63    | 1.50       | 1.03      |
|       | 1        | 15        | 0.357     | 5         | 0.333     | 12.5  | 34.5  | 2.30       | 0.41      |
|       | 2        | 10        | 0.238     | 5         | 0.500     | 7.5   | 22    | 2.20       | 0.69      |
| 半固定沙丘 | 3        | 5         | 0.119     | 1         | 0.200     | 4.5   | 14.5  | 2.90       | 0.23      |
|       | 4        | 4         | 0.095     | 0         | 0         | 4     | 10    | 2.50       | 0.00      |
|       | 5        | 4         | 0.095     | 0         | 0         | 4     | 6     | 1.50       | 0.00      |
|       | 6        | 4         | 0.095     | 0         | 0         | 2     | 2     | 0.50       | —         |
|       | 7        | 0         | 0         | —         | —         | 0     | 0     | —          | —         |
|       | 0        | 55        | 1.000     | 32        | 0.582     | 39    | 83.5  | 1.52       | 0.87      |
|       | 1        | 23        | 0.418     | 4         | 0.174     | 21    | 44.5  | 1.93       | 0.19      |
| 平地    | 2        | 19        | 0.345     | 6         | 0.316     | 16    | 23.5  | 1.24       | 0.38      |
|       | 3        | 13        | 0.236     | 13        | 1.000     | 7.5   | 7.5   | 0.58       | —         |
|       | 4        | 0         | 0         | —         | —         | 0     | 0     | —          | —         |

变化幅度不大,比较稳定,存活率最高 0.250,为 1 龄级的分株,存活率和死亡率基本持平。对于平地的芦苇,和半固定沙丘、固定沙丘相比,生存条件得到改善,没有流沙沙埋对幼株的危害,存活率要好于前两种生境,高的存活率使得死亡率很小,各级变化稳定。生命期望 ( $e_x$ ) 反映的是年龄级内个体的平均生存能力<sup>[9]</sup>。种群在 1~3 年龄级生命期望值大,表明此年龄阶段沙生芦苇的生存质量较好,生理活动达到旺盛期。随着年龄级的增加,生命期望值减小,反映出此阶段种群生存力有所下降。

### 4.3 沙生芦苇种群生存函数分析

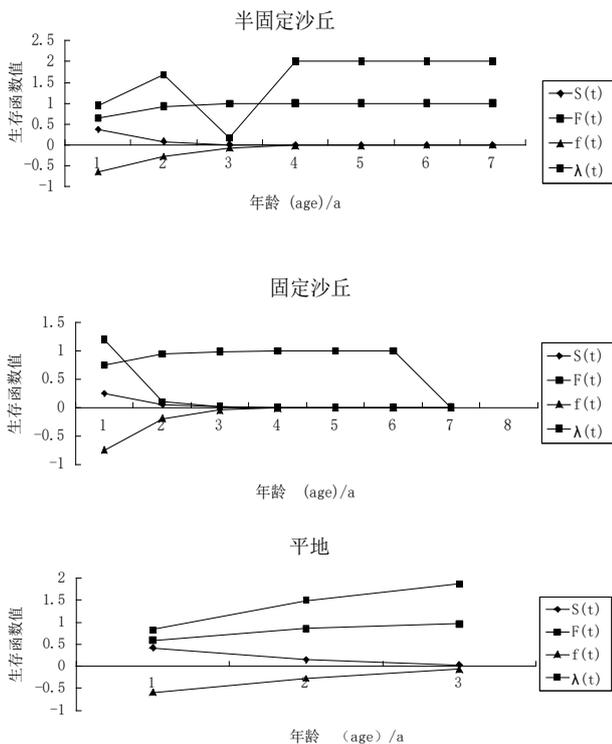


图 1 民勤不同生境沙生芦苇种群生存分析曲线

图 1 为我们详细揭示了沙生芦苇类植群的生存曲线、死亡密度曲线、累计死亡率曲线以及危险率曲线。这些图表准确地反映了腾格里沙漠南部的沙生芦苇类植群的动态变化。生存率与危险率曲线的波动性较大,半固定沙丘和平地的危险率、死亡率变化趋势相似。无一例外,累计死亡率一直在增长,而生存率确实是在下滑,尽管增长或降低的幅度在平地更为显著。在固定沙丘的种群中,累计死亡率先行上升后又突然下降。总体来看,上述四个函数曲线揭示了沙生芦苇类植群的动态特征,即初期衰退、中

期波动不定、晚期增长。主要原因是前期严重的风蚀改变了原来的生存环境,一方面使沙生芦苇根系裸露受旱致死,另一方面,风蚀增大了水分蒸发,出现水分胁迫现象致使沙生芦苇受旱致死。中期,随着周边环境的改善,沙生芦苇种群对各个生境的适应能力增强,种内斗争激烈,半固定和固定沙丘表现得最为突出,此时的种群数量变化不稳定。后期,经过长期的适应和选择,各生境的沙生芦苇种群能够自然更新,种群相对稳定。

### 4.4 沙生芦苇种群动态指数 ( $V_{pi}$ ) 分析

以种群动态的名义来研究其数量或规模如何跟随时间和空间的变动而发生改变。通过使用静态生命表的方法,我们可以获取到乔木或灌木种群的年龄结构数据(或者相对的年龄等级和大小等级),并且这些数据可以生成四种类型的种群年龄结构图,分别是金字塔形、逆金字塔形、近柱型和不规则型。无论哪种类型的种群结构图,我们都能以  $n$  年到  $n+1$  年的年龄等级(大小等级)为基础来分析种群内相邻两级的个体数量的变化情况。依据种群动态量化方法对腾格里沙漠南缘的沙生芦苇种群相邻级间个体数量变化动态进行分析(表 3),不同生境沙生芦苇种群各龄级间的动态指数相差不大,并且各生境均大于 0。这可能是由于当地的立地条件适合沙生芦苇的生长,水分也能得到较好的补充。

腾格里沙漠南缘不同生境沙生芦苇种群动态指数表现为半固定沙丘 > 固定沙丘 > 平地,三者均大于 0,表明种群趋于增长型。考虑龄级制约,也表现出相同的结果。考虑未来的环境因素对种群的影响,半固定沙丘、固定沙丘,以及平地沙生芦苇种群的龄级间动态指数分别为 0.006、0.003 和 0.003,均超过 0。这说明这三种环境对该种群来说相对较稳定。这也与上述对沙生芦苇的龄级结构分析的结果相吻合。

### 5 结论与讨论

在腾格里沙漠的南部边缘,广大的沙生芦苇群落得以生存,它们在稳定沙丘的过程中扮演着无法被其他方法取代的角色,因此为南部的农业生产创造了良好的生产条件。该区域半固定沙丘、固定沙丘以及平地三个生境生长的沙生芦苇种群数量动态差异不是太大。由于其周边环境的改善,减少了风蚀沙割对沙生芦苇种群的破坏,加之红崖山水库的存在,为沙生芦苇种群的存在及扩张提供了水分供给保障。通过生存函数分析可知,三种生境的沙生芦苇在种群在数量上均呈增长型,其中,平地的比较稳定。通过种群动态指数 ( $V_{pi}$ ) 分析的结果与生存函数分析的结果一致。

表 3 民勤不同生境沙生芦苇种群动态指数

| 生境类型  | $V_1$ | $V_2$ | $V_3$ | $V_4$ | $V_5$ | $V_6$ | $V_{pi}$ | $P_{pi,K}$ | $V_{pi,P}$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|------------|
| 半固定沙丘 | 0.333 | 0.500 | 0.200 | 0.00  | 0.00  | —     | 0.262    | 0.009      | 0.006      |
| 固定沙丘  | 0.100 | 0.222 | 0.071 | 0.308 | 0.556 | 0.500 | 0.225    | 0.016      | 0.003      |
| 平地    | 0.174 | 0.316 | —     | —     | —     | —     | 0.182    | 0.002      | 0.003      |

基于上述研究结果,可以预测研究区域沙生芦苇种群未来的变化趋势,考虑到环境因素的干扰,未来半固定沙丘和固定沙丘沙生芦苇种群的动态数量是增长的,而平地沙生芦苇种群的动态数量是稳定的。对于该区应当给予适当的人工干扰,才能更加稳定地发挥沙生芦苇种群的固沙作用。例如,在半固定沙丘周边设置沙障或栽植沙枣、柽柳等乔木,以减少风蚀对沙生芦苇种群的破坏;在平地不定期地引进一些红崖山水库的水,以减小其水分胁迫,进而减少种间、种内斗争。

[参考文献]

[1]杨允菲,郎惠卿.不同生态条件下芦苇无性系种群调节分析[J].草业学报,1998,7(2):1-6.  
 [2]杨允菲,李建东.松嫩平原不同生境芦苇种群分株的生物量分配与生长分析[J].应用生态学报,2003,14(1):30-34.  
 [3]张文辉.裂叶沙参种群生态学研究[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1998.  
 [4]LI G Q(李跟前),HUANG B L(黄宝龙),TANG D R(唐德

瑞),ZHAO Y Q(赵一庆),WANG D H(王迪海).Age structure dynamics and genetic consequences of *Hippophae rhamnoides* L. ssp *sinensis* clone population in Mu Su sandland[J].Chinese Journal of Applied Ecology(应用生态学报),2001,12(3):347-350.

[5]徐文泽,邹春静.中国陆地生态系统[M].北京:中国林业出版社,1998.

[6]Harper J. L. :Population Biology of Plant[J]. Academic press, London and New York,1977(1):1-12.

[7]钟章成.我国植物种群生态学研究的成就与展望[J].生态学杂志,1992,11(1):4-8.

[8]闫桂琴,赵桂仿,胡正海,等.秦岭太白红杉种群结构与动态的研究[J].应用生态学报,2001,12(6):824-828.

[9]熊能,金则新,顾婧婧,等.千岛湖次生林优势种群结构与分布格局[J].生态学杂志,2010,29(5):847-857.

作者简介:马廷甲(1990.3—),男,学历:本科,所学专业:水土保持与荒漠化防治,职称:工程师,目前工作单位:新疆双河勘测设计有限公司。