

不同封育季节放牧干扰对青海云杉 种群结构和动态的影响

刘建泉¹, 罗永寿², 吕海元²

(1. 甘肃祁连山国家级自然保护区管理局, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃祁连山国家级自然保护区哈溪保护站, 甘肃 武威 733000)

摘要:用相邻格子样方法调查祁连山哈溪林区冬季牧场和夏季牧场青海云杉(*Picea crassifolia*)种群样地, 用种群年龄结构、种群生命表和生存函数研究不同放牧季节青海云杉种群结构特点。结果表明, 冬季放牧青海云杉种群Ⅰ龄级到Ⅱ龄级幼树的存活率达 67.5%, 死亡率在Ⅳ龄级最高, 种群存活曲线接近 Deevey I 型, 存活率Ⅱ龄级最大, 存活到Ⅲ龄级的概率为 35.0%, 存活到Ⅳ龄级的概率则降低至 7.5%, 死亡密度函数在Ⅲ龄级达到最大, 为 1.83%; 夏季放牧青海云杉种群从Ⅰ龄级到Ⅱ龄级幼树的存活率只有 16.5%, 存活率Ⅲ龄级最大, 死亡率在Ⅰ和Ⅵ龄级最高, 种群存活曲线接近 Deevey II 型, 生存率相对稳定, 种群的死亡密度函数在Ⅴ龄级达到最大, 为 0.23%; 说明冬季放牧对青海云杉种群结构和动态的影响远远大于夏季放牧, 导致幼苗幼树的储备不足, 种群结构失调。

关键词:放牧干扰; 青海云杉种群; 年龄结构; 静态生命表; 种群动态

中图分类号: S812.8

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2012)06-0983-06

* 1

林区放牧既是森林资源多种利用的途径之一, 又因其影响幼苗正常生长而引发林牧矛盾, 不合理的放牧已成为森林群落自我恢复的重要障碍之一。祁连山区是一个林、牧混杂的区域, 传统的牧业活动引发的生态保护与区域经济社会发展的矛盾日趋突出, 特别是林区尖锐的林牧矛盾已引起社会各界的普遍关注^[1-2], 并采取了生态移民、封山禁牧、退耕还林、天然林保护、公益林保护、石羊河和黑河流域综合治理、舍饲养殖等重大的政策、工程和技术措施, 保护祁连山生态环境, 特别是保护祁连山水源涵养林。青海云杉(*Picea crassifolia*)是祁连山水源涵养林的主要组成树种, 合理的种群结构是其健康和持续利用的基础。目前关于自然状态下青海云杉种群的分布格局、种群数量动态和群落特征及动态、种间关系和联结相对清晰^[3-6], 而不同封育季节放牧干扰对青海云杉种群的研究主要集中于空间格局^[7]。本研究用种群年龄结构、种群生命表和生存函数分析不同放牧季节青海云杉种群的年龄结构、数量动态特点, 以为青海云杉林的保护和恢复提供理论依据。

1 研究区概况

哈溪林区位于祁连山北坡的东祁连山中上部,

102°01'~102°51' E, 37°16'~37°45' N, 海拔 2 400~4 800 m, 气候属大陆性高寒半干旱气候, 年平均气温为 1.8℃; 年平均相对湿度 50%~75%, 年降水量 350~450 mm, 多集中在 6—9 月; 年蒸发量 1 234.21 mm, 无霜期 110 d 左右; 发育有山生柳(*Salix oritrepha*)、鬼箭锦鸡儿(*Caragana jubata*)、杜鹃(*Phododendron* spp.)、金露梅(*Dasiphora fruticosa*)等灌丛植被, 祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)林、青海云杉林等乔木植被和苔草(*Carex* spp.)、针茅(*Stipa* spp.)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)草甸和草原植被以及高山灌丛草甸土、森林灰褐土、山地灰钙土、山地栗钙土等。青海云杉林是该林区代表性群落, 主要分布于阴坡、半阴坡和半阳坡, 是群落中唯一的建群种和优势种, 群落结构简单, 一般为乔木层、灌木层、草本层和苔藓层 4 层, 乔木层的郁闭度 0.4~0.8, 草本层盖度 60%以上。哈溪林区夏季牧场放牧一般从 6 月开始, 11 月结束, 转入冬季牧场至翌年 5 月, 夏季牧场在冬季封育, 冬季牧场在夏季封育。

2 材料与方法

2.1 调查方法 分别在哈溪天然林区选择林分状

收稿日期: 2011-07-17 接受日期: 2012-01-09
基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD46B07-04)
作者简介: 刘建泉(1963-), 男, 河北清苑人, 高级工程师, 硕士, 主要从事自然保护和森林生态学研究。E-mail: liujq36@163.com

况和载畜量基本一致、代表冬季放牧(雀儿沟)和夏季放牧(寺阳洼)的草类—青海云杉林,用GPS定位,设置样地进行群落调查,每个样地20 m×20 m,并划分成16个5 m×5 m的小样方,共32个小样方。对每一小样方的植物进行调查,对乔木进行每木检尺,记录树高、胸径等指标及树高<1.5 m的幼苗、幼树的树高、地径、株数,对灌草层进行植被调查,并记录整个样地生境条件。

2.2 年龄结构分析方法 种群年龄结构分析是揭示种群生存现状和更新策略的重要途径之一^[8]。根据以往的调查数据和解析木资料,青海云杉的年龄(A)与胸径(HD)存在线性关系^[5,9]。

年龄10~40年:

$$A = -0.234\,6(HD)^2 + 5.845\,6(HD) + 9.833\,7, \\ R^2 = 0.992\,8;$$

年龄40~150年:

$$A = -0.174\,7(HD)^2 + 52.977\,2(HD) + 58.501\,0, \\ R^2 = 0.979\,7.$$

故用径阶代替年龄的方法,分析种群动态。

根据青海云杉胸径、树高的生长过程,按15年为1个龄级将样地调查的青海云杉按照年龄与胸径的关系划分为8个龄级(表1)进行分析。

表1 青海云杉林龄级划分

Table 1 Age classes of *Picea crassifolia* forest

龄级	年龄	径阶
Age class	Age/a	DBH class/cm
I	<15	<2
II	15~30	2~4
III	30~45	6~8
IV	45~60	10~16
V	60~75	18~20
VI	75~90	22~24
VII	90~105	26
VIII	105~120	28

2.3 生命表数据的处理与编制 统计各龄级内的青海云杉株数,按照静态生命表的编制方法^[9-16],分别用哈溪林区不同放牧季节的林内青海云杉种群各龄级株数编制静态生命表。调查样地属青海云杉异龄林,不完全满足:1)种群数量是静态的,即密度不变;2)年龄组合是稳定的,即种群的年龄结构与时间无关,各年龄的比例不变;3)个体的迁移是平衡的

3个假设^[15]。由于静态生命表用特定时间段调查的种群所有个体编制而成,利用了异龄林种群年龄结构在空间上的差异,研究特定时间断面上的种群动态,难免存在系统抽样误差,产生与数学假设技术不符的现象,但仍能提供有用的生态学记录^[9,11,16]。因此,匀滑(Smooth out)技术在编制静态生命表时经常用到^[9,11,13,16-17]。

以各生命表的龄级为横坐标,龄级的标准化存活数的自然对数为纵坐标,绘制不同放牧季节的林内青海云杉种群的存活曲线。存活曲线是借助于存活个体数量来描述特定年龄死亡率^[9,11-12],Deevey(1947)把存活曲线分成3种类型:I型为凸型,表示青海云杉种群的大多数个体均能实现其平均的生理寿命,在达到平均寿命时,几乎同时死亡;II型为对角线型;III型为凹型,表示青海云杉幼苗幼树死亡率高,以后的死亡率低而稳定^[8-9,11-12,16]。本研究根据存活量的对数值和龄级作图,用直线、对数、指数、幂函数和多项式5种曲线进行拟合,选择相关系数最大的曲线方程,并进行检验。

2.4 生存分析 为了更好地分析不同放牧季节对青海云杉种群结构的影响,本研究用4个种群生存函数,即种群生存率函数(S_t)、累计死亡率函数(F_t)、死亡密度函数(f_t)和危险率函数(λ_t)进行分析,这4个函数用下列公式^[4,11,15,18,25,27]计算:

$$S_t = S_1, S_2, S_3, \dots, S_i;$$

$$F_T = 1 - S_i;$$

$$f_t = \frac{S_{i-1} - S_i}{h_i};$$

$$\lambda_t = \frac{2(1 - S_i)}{h_i(1 + S_i)}.$$

式中, h_i 为年龄宽度, S_i 为存活率。

3 结果与分析

3.1 年龄结构分析 雀儿沟青海云杉处于中龄林阶段,种群中幼苗幼树的数量不足,不到寺阳洼的1/2,从I龄级到II龄级幼树的存活率达67.5%,从IV龄级到V龄级的存活率达21.4%,种群的存活率只有2.9%。寺阳洼青海云杉处于成熟林阶段,种群中幼苗幼树的数量丰富,从I龄级到II龄级幼树的存活率只有16.5%,III龄级后的存活率平缓下降,种群的存活率仅有0.8%。两个样地中,青海云杉种群均为增长型种群。不同放牧季节青海云杉种群的年龄结构在两个地点存在差异(图1)。

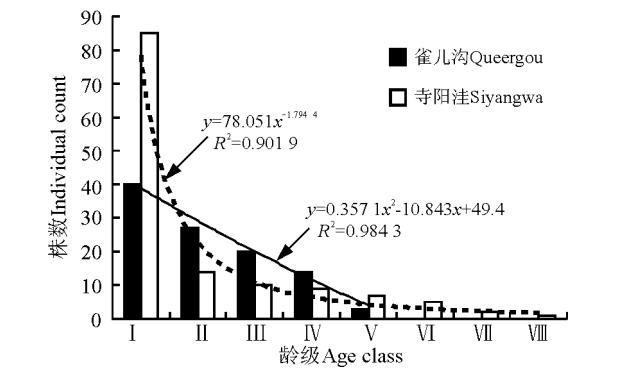


图 1 雀儿沟和寺阳洼样地青海云杉种群的年龄结构

Fig. 1 Age structure of *Picea crassifolia* populations in Queergou and Siyangwa plots

3.2 种群静态生命表 基于青海云杉林生长过程,对各龄级株数通过匀滑技术处理获取,编制了不同放牧季节青海云杉种群特定时间的生命表(表 2),其中雀儿沟青海云杉种群最大编表年龄为 V 龄级,约 75 年,种群死亡量 I、IV 龄级最高,死亡率在 IV 龄级最高,可能和自然稀疏有关;区间寿命、总寿命、期望寿命随龄级的增加而降低;在 II 龄级以后,消失率随龄级的增加而增大,存活率 II 龄级最大,以后随龄级的增加而减小。寺阳洼青海云杉种群最大编表年龄为 VIII 龄级,约 120 年,种群死亡量 I 龄级最高,其次为 II、VI 龄级;死亡率在 I 和 VI 龄级最高,III 龄级最低,区间寿命、总寿命随龄级的增加而降低,

表 2 雀儿沟和寺阳洼样地青海云杉种群静态生命表

Table 2 Static life table of *Picea crassifolia* population in Queergou and Siyangwa plots

样地 Plot	龄级 Age class	存活数 Survival number(a_x^*)	存活量 Survival quantity(L_x)	$\ln l_x$	死亡量 Death number(d_x)	死亡率 Mortality rate(q_x)
雀儿沟 Queergou	I	40	1 000	6.907 8	325	0.325 0
	II	27	675	6.514 7	175	0.259 3
	III	20	500	6.214 6	150	0.300 0
	IV	14	350	5.857 9	275	0.785 7
	V	3	75	4.317 5	75	1.000 0
寺阳洼 Siyangwa	I	85	1 000	6.907 8	835	0.835 3
	II	14	165	5.104 2	47	0.285 7
	III	10	118	4.767 7	12	0.100 0
	IV	9	106	4.662 3	24	0.222 2
	V	7	82	4.411 0	24	0.285 7
	VI	5	59	4.074 5	35	0.600 0
	VII	2	24	3.158 3	12	0.500 0
	VIII	1	12	2.465 1	12	1.000 0
样地 Plot	龄级 Age class	区间寿命 Span life (L_x)	总寿命 Total life (T_x)	期望寿命 Life expectancy (e_x)	消失率 Vanish rate (K_x)	存活率 Survival rate (S_x)
雀儿沟 Queergou	I	838	2 600	2.600 0	0.393 0	0.675 0
	II	588	1 600	2.370 4	0.300 1	0.740 7
	III	425	925	1.850 0	0.356 7	0.700 0
	IV	213	425	1.214 3	1.540 4	0.214 3
	V	38	75	1.000 0	4.317 5	0.000 0
寺阳洼 Siyangwa	I	582	1 566	1.566 0	1.803 6	0.165 0
	II	141	566	3.430 3	0.336 5	0.715 2
	III	112	401	3.398 3	0.105 4	0.898 3
	IV	94	283	2.669 8	0.251 3	0.773 6
	V	71	177	2.158 5	0.336 5	0.719 5
	VI	41	95	1.610 2	0.916 3	0.406 8
	VII	18	36	1.500 0	0.693 1	0.500 0
	VIII	6	12	1.000 0	2.465 1	0.000 0

除 I 龄级外,期望寿命随龄级的增加而降低;消失率在 I、Ⅵ龄级最大;存活率Ⅲ龄级最大。

3.3 存活曲线分析 根据存活量的对数值和龄级作图,得到不同放牧季节青海云杉种群的存活曲线(图 2)。拟合结果表明,冬季放牧(雀儿沟)的青海云杉林内,种群存活曲线接近 Deevey I 型,曲线符合抛物线方程模型:

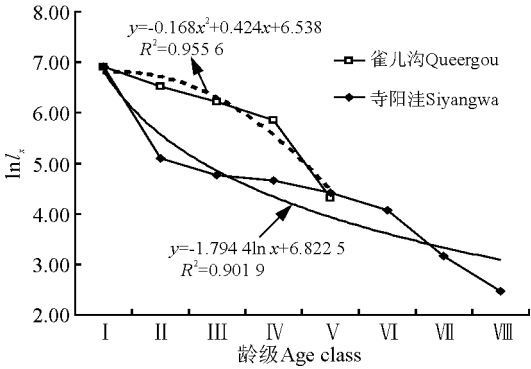


图 2 雀儿沟和寺阳洼样地青海云杉种群存活曲线
Fig. 2 Survival curve of *Picea crassifolia* populations in Queergou and Siyangwa plots

$$y = -0.168x^2 + 0.424x + 6.538 (R^2 = 0.9556, df=3, F=64.5676, P<0.01).$$

前期存活数呈缓慢下降趋势,即前期死亡率较低,环境筛的选择强度较小,有 67.5%的幼苗能穿过此筛进入Ⅱ龄级,Ⅳ龄级以后死亡率增大;夏季放牧的青海云杉林内,种群存活曲线接近 Deevey II 型,曲线符合幂函数方程模型和对数函数方程模型:

$$y = 7.3438e^{-0.1207x} (R^2 = 0.9011, df=6, F=54.6673, P<0.01).$$

$$y = -1.7944\ln x + 6.8225 (R^2 = 0.9019, df=6, F=55.1621, P<0.01).$$

前期存活数呈下降趋势,即前期死亡率较高,环境筛的选择强度较大,只有 16.5%的幼苗能穿过此筛进入Ⅱ龄级,Ⅱ龄级以后死亡率降低,至Ⅵ龄级死亡率再次增加。

3.4 生存函数分析 根据 4 个生存函数的估值值,绘制生存率函数曲线(S_t)、累计死亡率函数曲线(F_t)、死亡密度函数曲线(f_t)和危险率函数曲线(λ_t)(图 3)。雀儿沟和寺阳洼样地青海云杉种群的

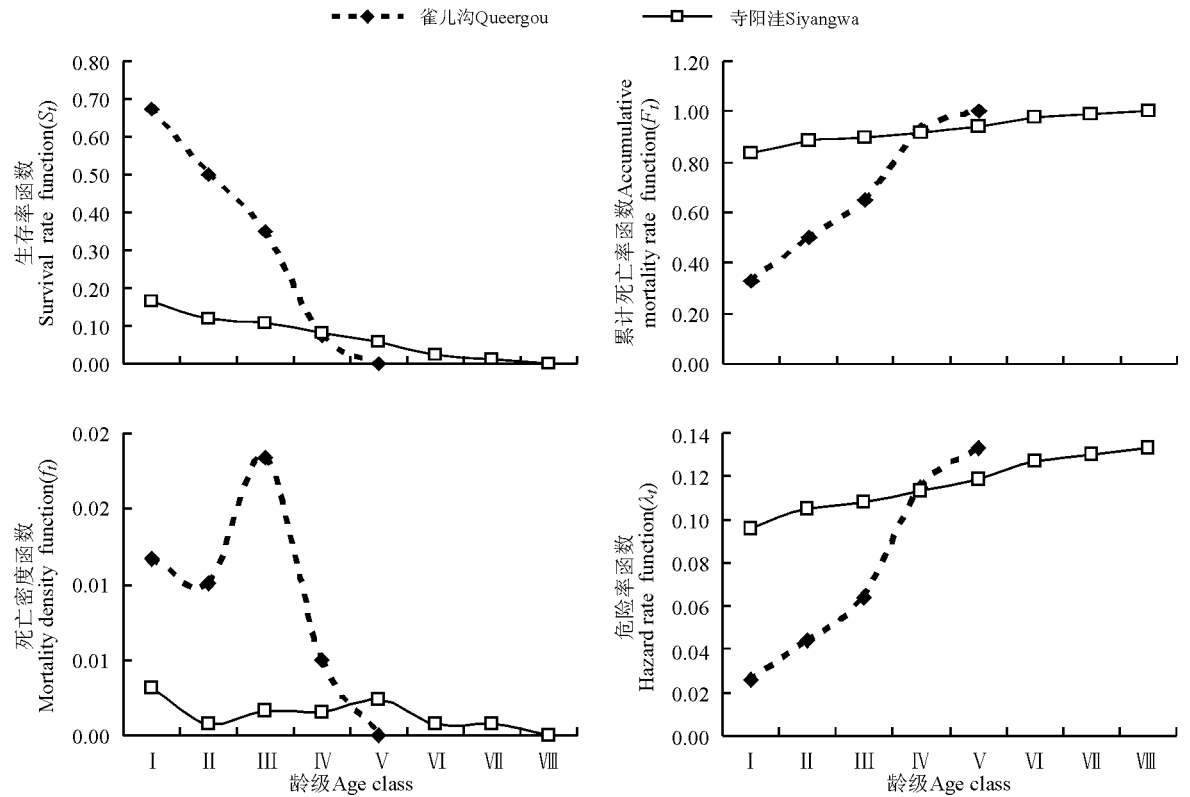


图 3 雀儿沟和寺阳洼样地青海云杉种群生存函数
Fig. 3 Survival curve of *Picea crassifolia* populations in Queergou and Siyangwa plots

生存曲线随龄级增加都呈单调下降趋势,生存率在Ⅰ龄级最大;在Ⅰ~Ⅲ龄级,相同龄级的种群,雀儿沟的生存率大于寺阳洼,种群存活到Ⅲ龄级的概率为35.0%,存活到Ⅳ龄级的概率则降低至7.5%,主要是种群种内和种间竞争加剧的结果;Ⅳ龄级的种群,寺阳洼的生存率大于雀儿沟,且Ⅰ~Ⅷ龄级的种群一直保持相对稳定的生存率。累计死亡率曲线和危险率曲线随龄级增加都呈增加趋势,雀儿沟增加快,而寺阳洼较为平缓。雀儿沟青海云杉种群的死亡密度函数在Ⅲ龄级达最大,为1.83%,寺阳洼青海云杉种群的死亡密度函数在Ⅴ龄级达最大,为0.23%。寺阳洼青海云杉种群的4个函数变幅较小,而雀儿沟的变幅较大。

4 讨论与结论

种群的龄级结构、生命表、存活曲线、生存函数是种群发育过程中种群的生物学特性与环境因素共同作用的外在表现,冬季放牧和夏季放牧对青海云杉种群产生了深刻的影响,特别是干扰了幼苗、幼树的生存环境,冬季放牧的影响尤为严重。

尽管冬季放牧和夏季放牧的青海云杉种群属增长型种群,但种群年龄结构存在明显的幼树比例偏小的缺陷,造成幼树有较强的穿过环境筛能力的假象。自然状态下,草类—青海云杉林内青海云杉种群的存活曲线符合DeeveyⅢ型^[4],而冬季牧场的青海云杉林内,种群存活曲线接近DeeveyⅠ型。牲畜践踏,破坏了地表覆盖物,造成土壤干旱,种子难以发芽,幼苗受到放牧的严重干扰;同时,由于冬季林下牧场饲草缺乏,牲畜践踏和啃食,直接造成幼苗幼树死亡,林内更新受到严重影响。夏季放牧的青海云杉林内,种群存活曲线接近DeeveyⅡ型。由于地表覆盖物的保护和林下饲草逐渐增加,牲畜践踏和啃食对种子萌发和幼树生长的干扰弱于冬季放牧。因此,两种放牧季节对草类—青海云杉林都产生了影响,其中冬季放牧严重破坏了种子萌发和幼苗生长环境,对青海云杉林的保护和恢复十分不利。

冬季牧场的青海云杉种群个体数量明显低于夏季牧场,4个生存函数反映出种群退化的风险大于夏季放牧的青海云杉种群;夏季放牧的青海云杉种群保持相对稳定的生存率和死亡率,反映出幼树的储备不足,种群结构存在一定的缺陷,同样存在退化的风险。

参考文献

- [1] 汪有奎,杨全生,李世霞,等. 石羊河流域上游祁连山植被恢复与重建对策[J]. 中国科技成果,2008(9): 18-19.
- [2] 刘建泉,车克钧,马世贵,等. 祁连山森林增量提质的重要性及其对策[J]. 中国林学会:西北生态环境论坛—西北地区生态环境建设研讨会论文集[C]. 北京:中国林业出版社,2001:219-223.
- [3] 刘建泉. 祁连山保护区青海云杉种群分布格局的研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(2):152-155.
- [4] 丁国民,刘兴明,倪自银,等. 甘肃祁连山青海云杉种群数量动态的初步研究[J]. 植物资源与环境学报,2005,14(4):36-41.
- [5] 刘建泉,丁国民,郝虎,等. 青海云杉群落特征和动态的研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(1):14-17.
- [6] 刘建泉. 祁连山林区青海云杉群落种间关系和联结分析[J]. 西北林学院学报,2009,24(2):18-22.
- [7] 刘建泉,杨全生,汪有奎,等. 不同封育季节放牧干扰对青海云杉种群空间格局的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2010,34(6):53-36.
- [8] 宋于洋,赵自玉,杨振安,等. 天山云杉种群数量动态研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2009,33(1): 64-68.
- [9] 江洪. 云杉种群生态学[M]. 北京:中国林业出版社,1992:8-26.
- [10] 沈泽昊,方精云,刘增力,等. 贡嘎山海螺沟林线附近峨眉冷杉种群的结构与动态[J]. 植物学报,2001,43(12):1288-1293.
- [11] 洪伟,王新功,吴承祯,等. 濒危植物南方红豆杉种群生命表及谱分析[J]. 应用生态学报,2004,15(6): 1109-1112.
- [12] 肖宜安,何平,李晓红,等. 濒危植物长柄双花木自然种群数量动态[J]. 植物生态学报,2004,28(2): 252-257.
- [13] 程伟,吴宁,罗鹏. 岷江上游林线附近岷江冷杉种群的生存分析[J]. 植物生态学报,2005,29(3):349-353
- [14] 陈国科,彭华. 不同人为干扰条件下毒药树种群数量特征的比较[J]. 植物生态学报,2006,30(3): 426-431.
- [15] 张桥英,张运春,罗鹏,等. 白马雪山阳坡林线方枝柏种群的生态特征[J]. 植物生态学报,2007,31(5): 857-864.
- [16] 张志祥,刘鹏,蔡妙珍,等. 九龙山珍稀濒危植物南方铁杉种群数量动态[J]. 植物生态学报,2008,32(5): 1146-1156.

[17] 张宪强,郭卫华,杨继红,等. 刺槐(*Robinia pseud-*
oacacia) 无性系种群结构与生长动态的研究[J]. 山
东大学学报(理学版),2006,41(2):135-139.

群存活分析的影响——以水灾迹地油松和华山松种
群分析为例[J]. 植物生态学报,2008,32(2):
448-455.

[18] 何亚平,费世民,蒋俊明,等. 不同龄级划分方法对种

Structure and dynamics of *Picea crassifolia* populations with graze disturbance in
different seasons of enclosed forest

LIU Jian-quan¹, LUO Yong-shou², LV Hai-yuan²

(1. Administration of Qilianshan National Nature Conservation, Zhangye 734000, China;
2. Ha-Xi Station of Qilianshan National Nature Conservation, Wuwei 733000, China)

Abstract: In the present study, the structural features of *Picea crassifolia* populations in Haxi forest region of Qilian Mountain nature reserve in different grazing season were investigated. We surveyed the data with the method of contiguous grid quadrats in two sample plots and investigated the population age structure, population life tables and survival function of the *P. crassifolia* populations. The results showed that the survival rate of *P. crassifolia* population in I age-class to II age-class in winter grazing season was 67.5% and the highest mortality rate appeared in the IV age-class. The population survivorship curve was close to the Deevey I. The maximum death density function was 1.83%, which appeared in III age-class. The survival rate of *P. crassifolia* population in summer grazing season in I age-class to II age-class was only 16.5%. The maximum survival rate appeared in the III age-class and the highest mortality rate appeared in the I and VI age-class. The population survivorship curve was close to the Deevey type II and the survival rate was relatively stable. The maximum death density function was 0.23%, which appear in V age-class. Our results indicated that the effect of grazing on the structure and dynamics of *P. crassifolia* population in winter was stronger than that in the summer. Grazing in winter has disturbed population structure seriously, leading to lack of seedlings and saplings reserves, and population structure disorders.

Key words: graze disturbance; *Picea crassifolia* population; age structure; standard life table; population dynamics

Corresponding author:LIU Jian-quan E-mail:liujq36@163.com

2012 年第 6 期《草业科学》审稿专家

包爱科	陈先江	段廷玉	干友民	郭正刚	侯扶江	胡小文	金 樑	李东华
李世清	李彦忠	梁天刚	刘青林	刘志鹏	马伟强	马永清	毛培胜	彭 燕
尚占环	王虎成	王 堃	王明玖	汪晓峰	王晓娟	王有科	王召锋	解新明
徐云远	杨惠敏	于应文	张德罡	张金林	张巨明	曾 军		

承蒙以上专家对《草业科学》期刊稿件的审阅,特此表示衷心的感谢!