

贡嘎山海螺沟冰川退却迹地植被原生演替*

李 逊

熊尚发

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041) (中国科学院地质研究所 北京 100029)

提 要 海螺沟冰川末端前,近 2 000m 冰川退却迹地植被原生演替经历了:裸地-草本地被、柳-沙棘-水冬瓜、水冬瓜、云冷杉-桦-杜鹃及云冷杉五个发展阶段。据树木年轮推测,170 年来冰川末端位置变化显著。植被发展过程、冰川退却速度与气候变化密切相关。与冰川退却对气候变化的响应相比,植被对气候变化的响应更为敏感。

关键词 贡嘎山 海螺沟冰川 退却迹地 植被 原生演替

在完全裸地上开始的植被原生演替是生态学家较为关注的现象。不少研究者对火山迹地、泥石流迹地、冰川退却迹地的植被原生演替现象进行过调查研究^[1-3],但大都没有明确反映气候变化对群落演替的影响。目前普遍认为,由于大气 CO₂ 含量的不断增加,未来气候将越来越暖。不少研究者模拟了气候变化下植被原生演替过程^[4],但还缺乏实际资料,现就此问题作初步探索。

海螺沟冰川在近代有较大幅度的退却^[5],而且至今仍以较快速度在萎缩。1993 年海螺沟冰川末端位于海拔 2 950m 处,调查从冰川末端开始向沟谷下游延伸,抵达海拔 2 800m 附近,水平距离 2 000m。其间是海螺沟冰川 100 多年来的退却迹地,保留有 8 道终碛垄(编号为 M₁—M₈)。此次调查的重点是:冰川末端前沿 2 000m 距离内的群落组成、植物年龄结构及林下表土的有机质状况。

1 区域概况与调查方法

1.1 区域概况

海螺沟位于四川西部,贡嘎山东坡。调查地点在海螺沟内海拔 2 800—2 950m 间。最近几年海拔 3 000m 气象站观测资料统计结果表明,当地年均温 3.9℃,7 月均温 12.7℃,1 月均温 -4.5℃,年降水量 1 938mm。从植被垂直带看,当地有山地暗针叶林带,主要树种有云杉、冷杉、桦、多种柳、水冬瓜、多种杜鹃等(表 1)。

1.2 调查方法

植被调查采用样地法,样地大小为 10m×10m。调查项目有重要树种的株数、胸径、年龄、高度、冠幅等。在样地内采集了林下表土样品,分析了其有机质含量。乔木划分成五级:I 级为幼苗,高度<33cm;II 级为苗木,高度≥33cm,胸径≤2.5cm;III 级为小树,胸径 2.6—7.5cm;IV 级为壮树,胸径 7.6—22.9cm;V 级为老树,胸径≥23.0cm。由于云杉、冷

* 国家自然科学基金资助项目(项目号:49271067)的部分研究成果。

野外调查过程中得到中国科学院新疆地理研究所刘斌、西南师范大学地理系傅尔林的热心帮助,作植物鉴定期间得到四川农业大学杨光辉老师的悉心指导,在此一并致谢。

本文收稿日期,1994-09-06,改回日期,1995-02-15。

杉的生境极为相似,故调查中将两者合并成一个单元. 从冰川末端到海拔 2 800m 附近的海螺沟左岸,共调查 13 个样地(编号为 A₁—A₁₃). 植被变化小、终碛垄间距大的地段,样地间隔适当加大;植被变化大、终碛垄间隔小的地段,样地间隔适当缩小. 每一样地距 1993 年冰川末端的水平距离都经较精确测量,以便判断植被变化特征. 各样地距 1993 年冰川末端的水平距离分别为:A₁—318. 8m, A₂—372. 4m, A₃—512. 0m, A₄—608. 6m, A₅—718. 8m, A₆—823. 5m, A₇—898. 1m, A₈—956. 2m, A₉—1 314. 1m, A₁₀—1 427. 5m, A₁₁—1 618. 9m, A₁₂—1 670. 7m, A₁₃—1 843. 8m. 调查时间为 1993-07—08.

表 1 各样地不同龄级植株数(株/hm²)

Table 1 Number of plants of different age in every plot

种 属	龄级	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
柳 <i>Salix</i> spp.	I	3	3	15										
	II	32	83	215	15	1	1			1			2	
	III	1	9	5	30	13	11	1		2				
	IV					2	1	1	7	1				
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i>	I			1										
	II	33	4	11										
	III		8	11	6	1								
	IV	1	4	5	9	16	11	4	1	1				
水冬瓜 <i>Populus yunnanensis</i>	I	7												
	II	23	21	57	2									
	III	6	22	7	16	5	2		3					1
	IV				3	5	14	13	11	3	2	1		
桦 <i>Betula utilis</i> , <i>B. insignis</i>	I	2							1					1
	II													
	III									6			3	1
	IV					1					2	2	1	3
杜鹃 <i>Rhododendron</i> spp.	I			1										
	II			2	1				2	8	2		1	
	III									3	3		2	1
	IV										1		1	
云冷杉 <i>Abies fabri</i> , <i>Picea brachytyla</i>	I		6		1		△			1				
	II					△				1			10	5
	III												1	
	IV									1	2		1	
花楸 <i>Sorbus</i> spp.	I							1	6	4	2	2	5	
	II									7	9	15	2	4
	III											1		
	IV													2
川西樱 <i>Prunus trichostoma</i>	I					△	△							
	II							9	10	28	6	10	51	26
	III									2				
	IV													
忍冬 <i>Lonicera pileata</i> f. <i>yunnanensis</i>	I													
	II							2	5	14	2	1	1	
疏花槭 <i>Acer laxiflorum</i>	I					△	△							
	II							4	9			1		
总 株 数		108	160	330	83	44	40	35	55	84	37	36	86	49

△见于样地附近.

2 研究结果

调查结果反映了冰川末端以下的植被具有连续性变化. 从冰川末端到距 1993 年冰川末端的水平距离 265m 处主要是草本地被, 分布着黄芪 *Astragalus* sp.、香青 *Anaphalis aureo-punctata*, *A.* sp.、毛脉柳叶菜 *Epilobium amurense*、柳兰 *Chamaenerion angustifolium* 及柳叶菜科其他属及豆科的一些成分. 至 265m 处幼树开始出现. 由此至距 1993 年冰川末端的水平距离 2 000m 处, 主要有多种柳、沙棘、水冬瓜、糙皮桦 *Betula utilis*、香桦 *B. insignis*、多种杜鹃、冷杉、云杉, 以及多种花楸、川西樱、忍冬、疏花槭等(图 1, 2).

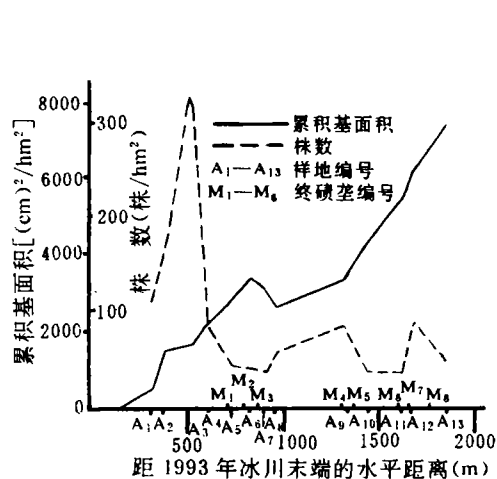


图 1 累积基面积及株数曲线

Fig. 1 Diagram of total basal area and number of plants

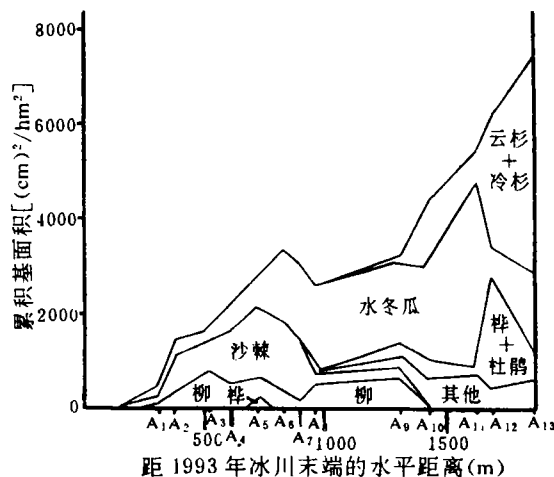


图 2 主要种属累积基面积分布

Fig. 2 Distribution of total basal area of main genera

由图 1 可见, 株数随远离 1993 年冰川末端而递减. 这就是说: 在演替初期幼苗幼树数量较多, 如样地 A_3 处株数可达 330 株/hm², 随着演替时间的增加, 壮树老树逐渐增多, 株数锐减, 到样地 A_7 处株数只有 35 株/hm², 随后的各样地内株数略有波动, 这主要由林下灌木数量增加所致(见表 1). 先锋树种: 多种柳、沙棘和水冬瓜, 在冰川末端附近的几个样地(A_1 — A_3)中株数最多, 随后它们的株数锐减, 同时幼苗、苗木渐次为小树、壮树所取代, 样地 A_8 往后先锋树种龄级 III 级以下的小树在样地中几乎不再出现, 而桦、杜鹃、冷杉、云杉, 以及各种小乔木、灌木的株数增加.

由图 1 还可见, 累积基面积随远离 1993 年冰川末端而递增. 一些样地的累积基面积分别为 A_1 —489 (cm)²/hm², A_3 —1 637 (cm)²/hm², A_{11} —5 421 (cm)²/hm², A_{13} —7 366 (cm)²/hm². 样地 A_7 — A_8 之间的变化异常, 可能有一定的气候意义.

由图 2 可见, 先锋树种的累积基面积各有一个明显的增长过程和减少(以至消失)过程. 如样地 A_3 处, 柳属的累积基面积达到最大, 这主要是柳属株数增多之故; 样地 A_6 处, 沙棘累积基面积达到最大, 这主要是沙棘的胸径增大之故. 由于水冬瓜在演替后期能持续较长时间而不被淘汰, 因此累积基面积高峰值出现得迟, 在样地 A_{11} 之后才锐减. 与先锋树种相反, 云杉、冷杉、桦、杜鹃及其他小乔木、灌木树种的累积基面积则从演替中期开

始递增,虽有一些波动,但一般在演替后期出现高峰值. 云杉、冷杉的累积基面积增大主要由胸径增大所造成.

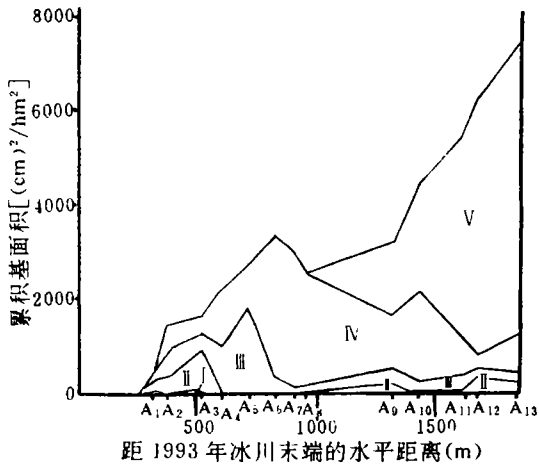


图 3 不同龄级树木累积基面积分布
Fig. 3 Total basal area of plants in different age

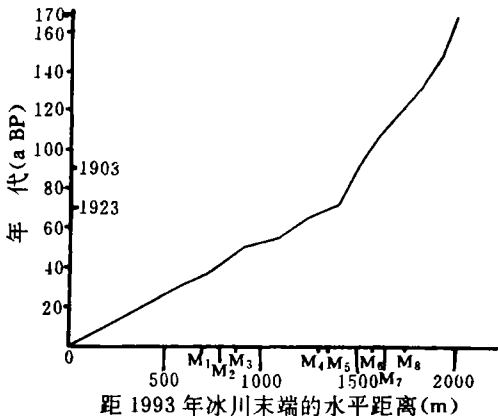


图 4 近代冰川末端位置变化
Fig. 4 Location changes of glacial tongue before 1993

从图 3 可以看出,不同龄级的树木对累积基面积变化的贡献. 从样地 A₁ 至样地 A₁₃,即随演替时间的推移,依次出现:Ⅰ级苗木的累积基面积高峰值(样地 A₃ 处),Ⅱ级小树的累积基面积高峰值(样地 A₅ 处),Ⅲ级壮树的累积基面积高峰值(样地 A₆ 至样地 A₇ 处),Ⅳ级老树的累积基面积在样地 A₁₃ 处仍显增大之势.

土壤有机质的调查分析结果(表 2)显示,从样地 A₁ 至样地 A₁₃,有机质层厚度由 0 增至 13.5cm(样地 A₁₀ 处有机质层最厚达 17.0cm),有机质含量则由样地 A₁ 处的 1.18% 增至样地 A₁₂ 处的 25.64%. 有机质层厚度和有机质含量的变化,大体反映了植被生物量的变化.

表 2 土壤有机质层厚度与有机质含量
Table 2 Thickness and contents of organic matter in soils

样 地	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂	A ₁₃
有机质层厚度(cm)	0	1.5	1.0	2.0	3.0	3.0	3.0	5.0	10.0	17.0	16.5	14.5	13.5
有机质含量(%)	1.18	2.22	2.29	6.58	6.67	—	7.28	12.16	22.70	—	22.72	25.64	21.36

根据距 1993 年冰川末端的水平距离不同的水冬瓜、沙棘、冷杉的最大胸径(年轮)所作的定年(表 3),可估算植被演替时间和冰川退出时间.

由表 3 可见,水冬瓜、沙棘、冷杉的最大年龄随距 1993 年冰川末端的水平距离递增而递增. 同一地点的水冬瓜和沙棘的最大年龄大体一致. 考虑到植被连续性变化,兹以水冬瓜的最大年龄为代表. 水冬瓜与冷杉的最大年龄差变动在 12—22a 之间. 现平均取 16a 为代表,即在水冬瓜群落演替 16a 后,冷杉幼苗才开始稳定生长. 水冬瓜幼苗出现在距 1993 年冰川末端 140m 左右处. 根据当地的冰川退却速度推算,这段距离的冰川退出

时间约需 8a。由此就可大体得出在近 2 000m 距离内的冰川退却过程。冰川退出时间=水冬瓜年龄+8a=冷杉年龄+24a。据此计算出 1823(170a BP)—1993 年的冰川末端位置(图 4)。

表 3 根据树木年轮所作的定年
Table 3 Age distribution from tree ring dating

距 1993 年冰川末端的水平距离(m)	种 A 定年(a)		种 B 定年(a)		种间年龄差(a)
140	水冬瓜	幼苗			
370	水冬瓜	12	冷杉	幼苗	
600	水冬瓜	24	冷杉	幼苗	
700	水冬瓜	28			
	沙 棘	29			
900	水冬瓜	42			
	沙 棘	35			
1100	水冬瓜	47			
1200	水冬瓜	54			
1400	水冬瓜	64	冷杉	48	16
1500	水冬瓜	80	冷杉	68	12
1600	水冬瓜	106	冷杉	84	22
1700			冷杉	96	
1800			冷杉	108	
1900			冷杉	125	
2000			冷杉	147	
2100			冷杉	167	

3 讨 论

3.1 原生演替阶段

海螺沟冰川退却迹地植被原生演替经历有五个阶段:1. 裸地-草本地被阶段,延续时间 8—15a;2. 柳-沙棘-水冬瓜阶段,延续时间约 35a;3. 水冬瓜阶段,延续时间约 60a;4. 云冷杉-桦-杜鹃阶段,延续时间约 30a;5. 云冷杉阶段。随着冰川退出时间的推移,云冷杉-桦-杜鹃群落逐渐被云冷杉群落所取代。

3.2 冰川退却速度

由图 4 可见,70a BP(1923 年)左右是冰川退却速度的转折点:170—70a BP(1823—1923 年),冰川退出距离 600m,冰川退出时间用了 100a,冰川退却速度 6m/a(平均);70—0a BP(1923—1993 年),冰川退出距离 1 400m,冰川退出时间花了 70a,冰川退却速度 20m/a(平均)。

当地的冰川退却速度变化,与 20 世纪初以来的北半球陆地气温持续上升^[6]是可以对比的。北半球陆地气温持续上升始于 20 世纪 10 年代,经 12—13a 滞后^[7],到 20 世纪 20 年代才反映到当地的冰川退却速度变化上。

冰川终碛垄地反映了冰川退却过程。在距 1993 年冰川末端的水平距离 2 000m 范围内,8 道终碛垄集中分布于离冰川末端 700—860m, 1 300—1 360m 和 1 590—1 750m 三处。据当地冰川退却速度推算,冰川停顿形成的终碛垄时间分别为 1870—1888 年, 1923—1926 年, 1945—1957 年。8 道终碛垄规模不等,其所指代的气候意义亦不尽相同。

3.3 植被演替对气候变化的响应

气候变化对森林动态的影响是不少研究者的焦点^[4,8,9],目前通过模拟研究得出了一些并不完全吻合的结论。

对比图 4 和图 1 后可见,当地冰川退却速度与树木累积基面积两者的变化趋势相近。在距 1993 年冰川末端 1 400—2 000m 处,冰川退却速度较慢(见图 4),而树木累积基面积的变化速度较快,梯度较大(见图 1);在距 1993 年冰川末端 1 400—0m 处,冰川退却速度较快(见图 4),而树木累积基面积的变化速度减慢,梯度减小(见图 1)。从图 1 和图 4 还可看出,冰川退却轨迹较平滑,而树木累积基面积曲线有更次一级的变化。尤其在冰川加快退却的 1 400m 范围内,树木累积基面积的变幅更为明显。这可能是冰川退却对气候变化的响应不如植被对气候变化的响应那么敏感之故。比如 50—60a BP 北半球升温事件在冰川退却速度曲线上只有很小的变化,而在树木累积基面积曲线上却见一个非常明显的峰值。

从各种属累积基面积变化上也可以发现气候影响的痕迹。如图 2 显示,在距 1993 年冰川末端 1 600—1 700m 处,云杉+冷杉、桦+杜鹃的累积基面积都锐减,而水冬瓜的累积基面积却剧增。这段距离的冰川退出时间 120—110a BP,相应的冷杉年龄 86—96a,当时正值 20 世纪初北半球陆地气温持续上升时期(升温事件)。这次升温事件对云冷杉生长发育不利,而对水冬瓜生长发育有利。

目前还无法精确判断植被对气候变化响应的敏感程度。通过植被原生演替的研究,有可能为气候变化响应研究提供实例,也为模拟气候变化条件下植被动态研究提供检验的机会。

参 考 文 献

- [1] Drake D R, Mueller-Dombois D. Population development of rain forest trees on a chronosequence of Hawaiian lava flows. *Ecology*, 1993, 74(4): 1012—1019.
- [2] Frenzen P M, Krasny M E, Rigney L P. Thirty-three years of plant succession on the Kautz Creek mudflow, Mount Rainier National Park, Washington. *Canadian Journal of Botany*, 1988, 66(1): 130—137.
- [3] Birks H J B. The present flora and vegetation of the moraines of the Klutlan Glacier, Yukon Territory, Canada; a study in plant succession. *Quaternary Research*, 1980, 14(1): 60—86.
- [4] Davis M B, Botkin D B. Sensitivity of cool-temperate forests and their fossil pollen record to rapid temperature change. *Quaternary Research*, 1985, 23(3): 327—340.
- [5] 李吉均, 宋明琨, 秦大河等. 贡嘎山冰川考察. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 青藏高原研究·横断山考察专集(一). 昆明: 云南人民出版社, 1983. 140—153.
- [6] 叶笃正, 曾庆存, 郭裕福. 当代气候研究. 北京: 气象出版社, 1991. 168—211.
- [7] 王宇练, 张祥松. 近百年来山地冰川波动与气候变化. 冰川冻土, 1992, 14(3): 242—250.
- [8] Shugart H H. A theory of forest dynamics; the ecological implications of forest succession models. New York: Springer-Verlag, 1984. 278.
- [9] Solomon A M. Transient response of forests to CO₂-induced climatic change; simulation modeling experiments in eastern north America. *Oecologia*, 1986, 68(4): 567—579.

VEGETATION PRIMARY SUCCESSION ON GLACIER FORELAND IN HAILUOGOU, MT. GONGGA

Li Xun

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*
& *Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041*)

Xiong Shangfa

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences Beijing 100029*)

Abstract

Hailuoguo Glacier is located at the east slope of Mt. Gongga in western Sichuan Province. A vegetation investigation on foreland area has been done along the glacial valley within about 2 000m from the glacier tongue. 13 plots distributed from the end of the glacier (altitude from 2 950m to 2 800m) have been carefully studied.

Further study indicates that the vegetation primary succession on foreland area has experienced 5 stages; 1. bare land-herds lasting 8—15a; 2. *Salix-Hippophae-Populus* lasting about 35a; 3. *Populus* lasting about 60a; 4. *Picea, Abies-Betula-Rhododendron* lasting about 30a; 5. *Picea-Abies* as a climax in the succession.

1920s is a turning point in the process of deglaciation. During about 100a before 1920, the glacier retreated by 6m/a; but in the following 70a, it obviously accelerated by 20m/a, which also can be reflected by the distribution of end moraines.

Corresponded analysis also revealed the similarities of the change tendency both in rate of deglaciation and total basal area of vegetation. Within the distance of 1 400—2 000m from the glacier tongue, the glacier retreated slowly, while the total basal area of plants kept changing fast; but in the area within 0—1 400m from the glacier tongue, the glacier began to accelerate retreat, as the change of total basal area of plants turned to slow down. In addition, evidences also show that the responseability of forest ecosystem is more sensitive to the climatic change than that of the glacier.

Key words Mt. Gongga, Hailuoguo Glacier, foreland, vegetation, primary succession