

树轮分析用于森林干扰强度推测的实例研究

夏冰¹, 邓飞¹, 周康¹, 王谦², 董旭²

(1. 江苏省植物研究所, 江苏南京 210014; 2. 青海省林业局, 青海西宁 810000)
中国科学院

摘要: 树木年轮生长释放一直广泛应用于重建森林干扰, 但没有直接的研究证明利用树木年轮分析建立的干扰强度的可靠程度, 本文试图通过一个取自青海省互助国家森林公园(1987年经历过择伐)的样方进行验证。在40m×50m的青扦(*Picea wilsonii* Mast.)林样方内取胸径≥5cm的树木(124株)树轮芯样并测定胸径、树高和择伐后山杨(*Populus daviliana* Dode)树桩(55个)的基径以及树木与树桩的距离。分析结果表明: 1987和1988年树木生长释放百分率为38.7%, 与该林分的准确干扰强度37.7%(树桩基部断面面积与该断面面积加树木胸高断面面积之和的比值)相接近。1980~1989年10a间树木生长释放百分率为62.9%, 该10a间的平均干扰强度为37.0%(生长释放百分率62.9%/生长释放平均次数1.7), 也接近于该林分的准确干扰强度, 因而用树轮资料重建森林干扰强度是可行和可靠的。

关键词: 树轮分析; 干扰重建; 青扦

中图分类号: S718.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2001)01-0001-06

A case study on the verification of density of forest disturbance through tree-ring analysis XIA Bing¹, DENG Fei¹, ZHOU Kang¹, WANG Qian², DONG Xu² (1. Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Qinghai Provincial Forest Bureau, Xining 810000, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(1): 1-6

Abstract: Although growth release showed in tree-ring series has been widely used for reconstructing past forest disturbance, no direct study provided that the disturbance intensity estimated from tree-ring analysis reflected actual disturbance intensity in the past. A stand, where is in Huzhu National Forest Park, Qinghai Province, the selective cutting was carried out in 1987, provided a unique opportunity for this kind of case study. A 40m×50m sample plot in the stand was used to investigate the height and the DBH for all trees (DBH≥5cm) of *Picea wilsonii* Mast., diameter at base for all stumps (55) of *Populus daviliana* Dode and distances among trees and stumps, as well as cores were collected for all trees of DBH≥5cm (124). The result showed that the percentage of growth release for 1987 and 1988 was 38.7%, which was nearly to 37.7%, actual disturbance intensity expressed by the percentage of section area at base of stumps (AB) in all section area at breast height of trees plus AB. The percentage of growth release in ten years (1980~1989) was 62.9%. The average disturbance intensity in ten years (1980~1989) was 37.0%, calculated by 62.9%/1.7 (the percentage of growth release/the average number of growth release for all trees), which was also nearly to the actual disturbance intensity, so it can be effective and reliable to reconstruct past disturbance intensity by using tree-ring data.

Key words: tree-ring analysis; disturbance reconstruction; *Picea wilsonii* Mast.

树木年轮宽度变化作为树木生长的重要指标之一被广泛用于分析树木生长与其周围环境变化的关系。利用树木的生长释放(growth release)重建林分过去的干扰事件已有众多的报道,如在有记录的风暴、火灾、虫害大发生和采伐事件发生的同时,均发现有相对应的较高频率的生长释放^[1-5]。不同树木和不同生境中树木生长释放的标准或域值也各不相同^[6,7]。利用在一定时间内出现生长释放的树木数

量占总调查树木数量的百分率来推断林分过去发生的干扰强度已成为树木年轮分析在森林动态研究中的重要内容之一^[8-11]。然而到目前为止,从树木年轮分析得出的干扰强度的合理性和可靠性均是以树

收稿日期: 2000-09-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39770595)

作者简介: 夏冰(1960-),男,云南宣威人,博士,研究员,所长,主要从事树木年轮生态学及植物资源领域的研究

木生长释放与引起周围树木死亡的干扰事件有关为前提,并没有直接的研究来印证过去发生的干扰事件的强度与推测的干扰强度相一致。本文的目的是利用1块已知择伐强度和择伐时间的林地,通过树轮分析得出干扰强度和干扰发生时间,用于印证用树木年轮重建过去干扰事件的可行性。

1 林地概况与调查方法

1.1 林地概况

所调查的林地位于青海省互助县北山国家森林公园(原北山互助林场),属于该林场13林班11小班。林场位于北纬 $36^{\circ}42'$ ~ $37^{\circ}06'$,东经 $102^{\circ}06'$ ~ $102^{\circ}43'$,属我国经向气候带的草原荒漠带和森林草原带,为温带荒漠区的“祁连山地寒温性针叶林草原区”。根据互助站的气候观测,近10a的年平均气温约为 3.7°C ,年降水量约为 498.6 mm 。1996年8月调查时该林地青杉(*Picea wilsonii* Mast.)纯林,1987年曾经历择伐,择伐设计要求伐除该林分内所有 DBH (胸径) $\geq 10\text{ cm}$ 的山杨(*Populus daviliana* Dode)。

1.2 调查方法

在该林地内设置 $40\text{ m} \times 50\text{ m}$ 的长方形样方,面积为 2000 m^2 (0.2 hm^2)。设置时在罗盘仪指引下对样方圈围,然后再设成 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 的网格,在样方内测

量每株树($\text{DBH} \geq 5\text{ cm}$)的纵横坐标、胸径、树高,以及被伐树桩的纵横坐标、基径,判断被伐树桩的树种和腐烂情况。并对 $\text{DBH} \geq 5\text{ cm}$ 的树用生长锥沿同一方向(由西向东)尽可能取通过树髓的树轮芯样(本研究中取到芯样的最小 DBH 为 6.2 cm)。样方内共测定青杉和树桩208个,其中青杉芯样124个,树桩59个,青杉幼树(未取芯样)25株。

按青杉和树桩的坐标位置作图,分析其分布及伐桩与相邻树的距离(其分布见图1)。取回的树桩样条,经打磨光滑后,在树轮宽度测定仪上测其年轮宽度,获得的年轮数作为青杉的树龄,其宽度系列作为青杉各年的径向生长量。

考虑到所获年轮宽度系列的长度最长不超过88a,大多为40~70a,故在判断其生长释放情况时,先用5a(数字两边各2a)滑动平均作图,用所得的曲线来判断生长释放:连续5a以上生长持续增加,且最高生长量比最低生长量增加50%以上。然后,再用其生长量为纵坐标,年代为横坐标作图,取生长量的最低点为生长释放开始的年代。

根据各年出现生长释放的树木株数占所取芯样树木总株数的百分率来推测干扰强度。实际干扰强度(择伐强度)则分别用择伐株数(非腐烂桩数)占1988年总株数(非腐烂桩数+调查时 $\text{DBH} \geq 10\text{ cm}$ 的青杉株数)百分率和择伐断面积(由非腐烂树桩基

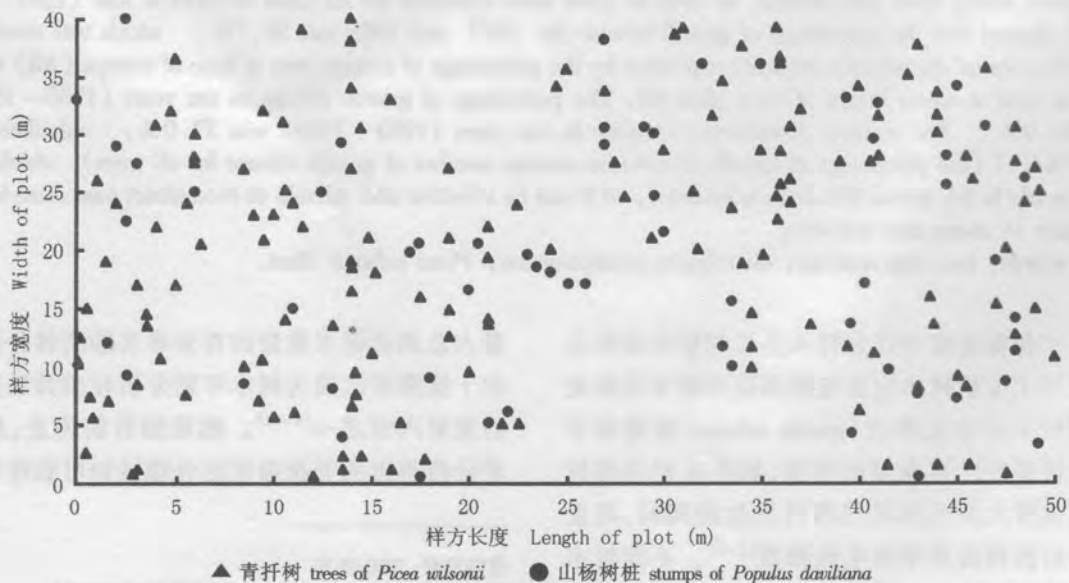


图1 样方内树及树桩分布图

Fig.1 The distribution of trees and stumps in sample plot

径算出)占当时总断面积(择伐断面积 + 扣除近 10 年径向生长后的各青杉的胸高断面积之和)百分率来表示。

2 结果与分析

2.1 样方内林地基本情况

样方中 DBH ≥ 5 cm 的树木的密度和胸高断面积密度分别是 620 株/hm²和 21.3 m²/hm², 而树桩(不含

已腐烂树桩)的密度和断面积密度则分别为 275 个/hm²和 10.1 m²/hm²(见表 1)。

择伐树桩的基径分布情况见图 2, 约 85% 的树桩基径范围在 10 ~ 30 cm, 其中基径为 20 ~ 30 cm 的择伐最多, 约占 46%。

青杉的 DBH 分布情况见图 3, 其中 DBH 为 10 ~ 20 cm 的数量最多, 占 43%; 其次为 DBH 20 ~ 30 cm 的占 36.3%; DBH 为 30 ~ 40 cm 的青杉最少, 占 9%。

表 1 林分密度
Table 1 Plot density

面积 Area (hm ²)	树木株数 Number of trees (piece)	胸高断面积 Section area (m ²)	树桩数量 Number of stump (piece)	树桩断面积 Stump section area at base (m ²)	树木密度 Tree density (pieces/hm ²)	胸高断面积密度 Section area density (m ² /hm ²)	树桩密度 Stump density (pieces/hm ²)	树桩断面积密度 Stump section area density at base (m ² /hm ²)
0.2	124	4.26	55	2.01	620	21.3	275	10.1

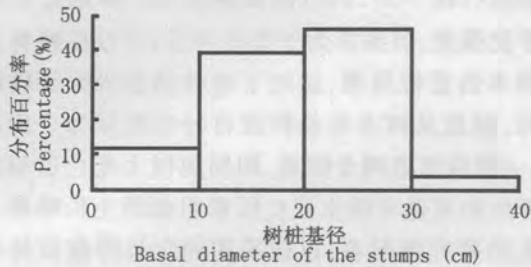


图 2 树桩基径分布情况
Fig. 2 The status of stumps basal diameter in the stand

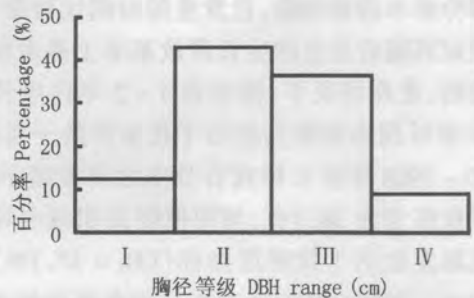


图 3 青杉胸径分布情况
I: 5 cm ≤ DBH ≤ 10 cm; II: 10 cm < DBH ≤ 20 cm;
III: 20 cm < DBH ≤ 30 cm; IV: 30 cm < DBH ≤ 40 cm

图 3 青杉胸径分布情况
Fig. 3 The status of DBH of *Picea wilsonii*

样方中青杉树龄的分布情况见图 4, 在所取的 124 个青杉芯样中, 41 ~ 50 a 树龄的最多, 占 30.3%; 其次树龄为 51 ~ 60 a 的占 22.7%。另外 31 ~ 70 a 树龄的青杉占总数的 86.6%, 说明该林分还处于较年轻的状态, 而且树龄在 20 a 以下的青杉, 其 DBH 多在 6.2 cm 以下。

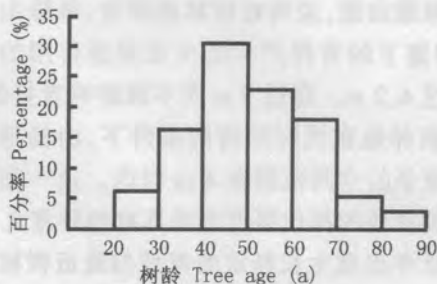


图 4 青杉树龄分布情况
Fig. 4 The status of tree age of *Picea wilsonii*

2.2 样方内择伐强度情况

样方内的 59 个树桩中, 已腐烂的有 4 个, 其余材质较为清晰一致, 其中青杉 4 个, 山杨 51 个, 均是 1987 年春择伐时留下的树桩。1996 年 8 月调查时, 在 124 株青杉树中, DBH ≤ 10 cm 的有 17 株, 扣除这一数据后, 1987 年择伐强度的指标之一——择伐树木占当时 DBH ≥ 5 cm 的树木株数的百分率 (Cut density 1, 记为 CD₁) 为:

$$CD_1 = [55 / (124 - 17 + 55)] \times 100\% = 34.0\%$$

1987 年择伐强度的指标之二, 即树桩的横断面积总和占当时各树横断面积总和的百分率记为 CD₂, 其中, 树桩横断面积总和是 55 个树桩的断面积之和 (2.01 m²), 当时青杉胸高横断面积总和为目前各青杉 (124 株) 横断面积总和 (4.26 m²) 减去近 10 a 来这 124 株横断面积总和 (0.94 m²) 之值, 为 3.32 m², 故:

$$CD_2 = [2.01 / (3.32 + 2.01)] \times 100\% = 37.7\%$$

根据这两个干扰指标可以看出, CD_1 是假设 1996 年 $DBH \leq 10$ cm 的青扦在 1987 年择伐发生时, 其 $DBH \leq 5$ cm, 故 CD_1 具有一定的经验性。 CD_2 则是根据所有芯样的测定结果扣除近 10 a 新增的断面积后计算的, 与 CD_1 相比应更为可靠。

2.3 生长释放与干扰强度推测

样方中, 1980~1989 年的 10 a 间, 青扦出现生长释放的百分率为 62.9% (见表 2), 且主要出现在 1988、1987 和 1982 年, 生长释放的百分率分别为 21.0%、17.7% 和 8.9%。其中 1987 和 1988 年出现生长释放的百分率之和为 38.7%, 这正好对应 1987 年春天的择伐干扰事件, 说明利用树木生长释放的百分率可以较好地反映过去干扰事件发生的年代, 在干扰事件的特征比较清楚的情况下, 如择伐特征就是部分树木的被伐除, 且发生的时间比较集中, 则可以判定其随后发生的生长释放基本上是由树木死亡引起的, 在此情况下, 树木在 1~2 年内生长释放的百分率可用来判断其经历干扰事件的干扰强度。用 1987~1988 年生长释放百分率之和推断 1987 年春的干扰强度为 38.7%, 与用横断面积减少百分率作为实际发生的干扰强度指标 ($CD_2 = 37.7\%$) 相比差异不大。说明利用树木年轮分析所得的树木生长释放来重建过去发生的特定干扰事件的发生时间和干扰强度是比较可靠的。

以上是以人工林的特定人为干扰事件为前提分析树木生长释放重建干扰事件的可靠性, 但在干扰事件森林动态研究中, 林地的研究对象往往是成熟林过熟林, 树龄较大, 干扰事件发生的年代较远, 树桩往往腐烂、消失, 且大多数情况下往往不知道过去经历的特定干扰事件, 因此, 干扰强度往往以 10 a 为单位来测算。

样方内 1980~1989 年的 10 a 间首次出现生长释放的树木总株数为 78, 占样方内树木总株数的 62.9%。样方内出现生长释放的树木总株数为 98, 出现生长释放的总次数为 168, 即平均每株树木的生长释放次数为 1.7。用生长释放百分率 (62.9%) 除以每个芯样出现生长释放的平均次数 (1.7) 即可得出 1980~1989 年 10 a 中, 该样方的平均干扰强度为 37.0%, 与以胸高断面积减少百分率计算的干扰强度 ($CD_2 = 37.7\%$) 也比较接近。林地过去经历的干扰强度, 经换算为干扰频率后, 可以反映林地冠层树木的更替周期, 这对于森林动态研究是较好的指标, 但是从树木生长释放百分率换算为干扰强度时, 一般应考虑两个因素, 即周围树木死亡引起的生长释放和其他非树木死亡因素引起的生长释放。从本文的研究情况看, 以往采用的生长释放百分率除以每株树木平均经历的生长释放次数作为干扰强度是可行的, 说明用树木年轮分析生长释放, 并进而以 10 a 为单位推测过去发生的干扰强度也是可靠的。

表 2 青扦生长释放百分率

Table 2 The percentage of tree growth release of *Picea wilsonii*

项目 Items	出现生长释放的开始年 The first year of tree growth release											总计 Total
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989		
生长释放树木株数 Number of growth release trees	2	4	11	3	3	3	2	22	26	2	78	
生长释放百分率 Percentage of growth release trees (%)	1.6	3.2	8.9	2.4	2.4	2.4	1.6	17.7	21.0	1.6	62.9	

2.4 影响树木生长释放的其他因素

表 3、表 4 和表 5 分别表示 1988、1987 和 1982 年出现生长释放的青扦的 DBH 与最近树桩的距离及树桩基径。表 6 则表示样方内最近树桩距离在 5 m 以上的青扦 DBH 及其最近一次生长释放的年代。由于 1987 年春择伐干扰事件的发生而在 1988 年和 1987 年出现生长释放的青扦, 其与最近树桩的平均距离分别为 2.2 m 和 1.8 m, 标准偏差都较大, 最远的距离为 4.2 m, 而 5 m 以外的青扦, 在 80 年代均没

有生长释放出现, 说明对该林地而言, 每株山杨择伐后, 对保留下的青扦产生的生长促进作用的范围最大不超过 4.2 m。超过 5 m 则不致影响青扦的生长, 也说明该林地在当时的树龄条件下, 山杨与青扦出现个体竞争的空间范围在 4 m 以内。这一指标对该地区同类林地的择伐强度选择具有指导意义。

1982 年出现生长释放的青扦与最近树桩的平均距离为 2.4 m, 其中也有一半以上在 3 m 以内, 按理它们也应在 1988 年或 1987 年呈现生长加速现象, 而

表3 1988年生长释放的青干与最近树桩的距离

Table 3 The distance of growth release trees to the nearest stump in 1988

样方内树木编号 No. of trees in sample plot	与最近树桩的距离 Distance to the nearest stump (m)	胸径 DBH (cm)	树桩基径 ¹⁾ Basal diameter(cm) ¹⁾
7	2.0	11.5	22
14	1.2	21.2	26
18	1.4	21.5	22
20	2.8	16.4	22
21	2.8	11.4	24
22	1.2	22.7	18
30	0.9	25.0	26
40	3.0	13.5	25
46	1.0	18.3	17
48	2.5	9.5	17
52	2.2	11.6	28
53	1.6	18.2	28
60	3.5	18.0	25
63	3.6	20.0	32
66	3.2	32.4	24
70	2.0	18.3	18
74	4.2	25.4	20
78	2.0	23.5	20
95	2.0	11.1	26
98	1.5	10.0	24
106	1.6	13.4	14
108	1.6	19.2	14
120	1.5	22.6	24
122	1.4	22.2	24
160	3.2	23.5	12
203	3.1	7.0	22
平均值 Average	2.2	18.0	
标准差 Sd. Err.	0.874 4	6.119 6	

¹⁾ 同一树桩重复统计,故不计算其平均值。The same stump was accounted repeatedly, so the average was not calculated.

实际上并未发生这种情况,原因可能有二,一是这些青干生长相对高大,平均 DBH 为 27.9 cm,远高于 1988 年和 1987 年出现的生长释放的平均 DBH(分别为 18.0 cm 和 16.4 cm),从表中的数值也可看出,1982 年出现生长释放的青干,其胸径几乎都大于树桩的基径,由此推断,在经历 1982 年的干扰而出现生长释放后,其与周围山杨的生长竞争不明显,或已取得竞争优势(如高度或树冠位于山杨之上),但 1987 年山杨择伐后,对其生长并没有明显的促进作用;二是在 1982 年生长释放后,即使山杨伐除后对其生长有促进作用,但间隔期太短,难以判断 1987 和 1988 年是否出现生长加速现象。

另外,本文中 1988 和 1987 年出现生长释放,是指该年生长与随后的 5 年相比处于最低点,实际开

表4 1987年生长释放的青干与最近树桩的距离

Table 4 The distance of growth release trees to the nearest stump in 1987

样方内树木编号 No. of trees in sample plot	与最近树桩的距离 Distance to the nearest stump (m)	胸径 DBH (cm)	树桩基径 ¹⁾ Basal diameter(cm) ¹⁾
9	1.9	13.4	26
10	1.8	19.4	26
17	1.6	29.2	22
36	1.5	8.8	25
59	1.0	22.5	25
73	1.5	8.3	24
79	1.4	7.5	18
88	2.2	15.0	25
115	1.8	9.2	8
134	1.7	15.6	18
136	1.2	23.3	26
138	1.1	17.4	26
140	0.9	24.8	24
141	1.5	9.7	24
144	2.4	16.6	18
145	3.5	12.0	18
153	1.6	26.1	20
157	1.9	9.8	8
167	3.9	23.5	18
185	1.2	18.3	20
188	2.1	12.0	26
199	1.4	17.9	18
平均值 Average	1.8	16.4	
标准差 Sd. Err.	0.732 2	6.446 9	

¹⁾ 同一树桩重复统计,故不计算其平均值。The same stump was accounted repeatedly, so the average was not calculated.

表5 1982年生长释放的青干与最近树桩的距离

Table 5 The distance of growth release trees to the nearest stump in 1982

样方内树木编号 No. of trees in sample plot	与最近树桩的距离 Distance to the nearest stump (m)	胸径 DBH (cm)	树桩基径 ¹⁾ Basal diameter(cm) ¹⁾
37	2.0	28.5	25
44	1.4	24.9	10
45	3.2	34.0	10
68	1.4	36.7	23
71	2.1	32.5	8
80	1.6	17.6	20
83	3.4	29.4	9
93	1.2	34.0	26
97	2.5	22.0	20
103	4.2	28.2	28
117	3.2	18.8	8
平均值 Average	2.4	27.9	
标准差 Sd. Err.	0.992 8	6.391 4	

¹⁾ 同一树桩重复统计,故不计算其平均值。The same stump was accounted repeatedly, so the average was not calculated.

表6 样方内与最近树桩的距离 ≥ 5 m的青杆的生长释放
Table 6 The growth release of trees at ≥ 5 m distance from the nearest stump in plot

样方内 树木编号 No. of trees in sample plot	与最近 树桩的距离 Distance to the nearest stump (m)	胸径 DBH (cm)	树桩基径 Basal diameter (cm)	最近的生长 释放开始年 The first year of growth release
130	6.0	18.5	26	-
131 ¹⁾	6.0	3.0	20	-
132 ¹⁾	6.3	4.5	20	-
146	5.7	16.7	20	1967
147	6.2	8.4	20	-
148 ¹⁾	6.4	4.2	18	-
149 ¹⁾	5.7	4.2	18	-
154	6.0	36.2	22	1958

¹⁾ 胸径太小,未取其芯样。DBH of the cores was too small to collect.

始生长释放是1989和1988年,说明1987年春的择伐后,树木生长出现加速分别滞后1~2年。

参考文献

- [1] Henry J D, Swan J M. Reconstruction forest history from live and dead plant material - an approach to the study of forest succession in South-west New Hampshire [J]. *Ecol*, 1974, 55: 772 - 783.
- [2] Oliver C D, Stephens E P. Reconstruction of mixed-species forest in

central New England [J]. *Ecol*, 1977, 58: 562 - 572.

- [3] Foster D R. Disturbance history, community organization and vegetation dynamics of the old-growth forest, south-western New Hampshire [J]. *U.S.A. J. Ecol.*, 1988, 76: 105 - 134.
- [4] Merrens E J, Peart D R. Effects of hurrican damage on individual growth and stand structure in a hardwood forest in New Hampshire [J]. *U.S.A. Ecol.*, 1992, 80: 787 - 795.
- [5] 阳含熙,谢海生. 长白山红松混交林干扰历史的重构研究[J]. *植物生态学报*, 1994, 18: 201 - 208.
- [6] Canham C D. Suppression and release during canopy recruitment in *Acer saccharum* [J]. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 1985, 112: 134 - 145.
- [7] Lorimer C G. Age structure and distribution history of a Southern Appalachian Virgin Forest [J]. *Ecol.*, 1980, 61: 1169 - 1184.
- [8] Lorimer C G, Frelich L E. A methodology for estimating canopy disturbance frequency and intensity in dense temperate forest [J]. *Can. J. For. Res.*, 1989, 19: 651 - 663.
- [9] 夏冰,兰涛,邓飞. 西天目山黄山松阔叶林的冠层干扰与动态推测[J]. *植物资源与环境*, 1995, 4(3): 15 - 20.
- [10] 夏冰,贺善安,兰涛,等. 亚高山云冷杉混交林树木生长释放与干扰分析[J]. *植物资源与环境*, 1997, 6(1): 1 - 8.
- [11] 夏冰,兰涛,贺善安,等. 云南亚高山云冷杉林的林窗研究[J]. *植物资源与环境*, 1996, 5(4): 1 - 8.

(责任编辑:惠红)

欢迎订阅 2001 年《植物资源与环境学报》 (原名:《植物资源与环境》)

全国优秀科技期刊 华东地区优秀期刊 江苏省优秀期刊
季刊, 单价 6 元, 邮发代号: 28 - 213, 统一刊号 CN32 - 1339/S

《植物资源与环境学报》(原名:《植物资源与环境》, 2000 年第 9 卷起更名)系江苏省植物研究所、江苏省植物学会及中国环境科学学会植物园保护分会联合主办的学术刊物, 国内外公开发行。本刊为 BA、CA、CAB、SCI、中国生物学文摘、中国林业文摘、中国环境科学文摘等国内外著名刊库收摘。入编《中国学术期刊光盘版》。本刊围绕植物资源与环境两个关系国计民生的中心命题, 报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护, 自然保护区与植物园的建设和管理, 植物在保护和美化环境中的作用, 环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、

自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等领域的科研、教学、技术人员及决策者, 可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊于 1992 年创刊, 全国各地邮局发行, 若错过征订时间或需补齐 1992 ~ 2000 年各期者, 请直接与编辑部联系邮购, 订价 1992 ~ 1993 年每年 10 元, 1994 ~ 2000 年每年 20 元, 2001 年全年 28 元(均含邮资), 编辑部地址: 南京中山门外江苏省植物研究所内, 邮编: 210014, 电话: 025 - 4341672; Fax: 025 - 4432074; Email: bnj4341672@public1.ptt.js.cn