

# 人工开设林窗在侧柏纯林生态演替中的应用研究

葛成立<sup>1</sup>, 汪为群<sup>1</sup>, 林文涛<sup>1</sup>, 林勇<sup>2</sup>, 葛秉珏<sup>2</sup>, 付化成<sup>3</sup>, 张琼<sup>3</sup>

(1. 徐州农业老科技工作者协会, 江苏 徐州 221003; 2. 徐州市林业局, 江苏 徐州 221009;  
3. 铜山区赵疃林场, 江苏 徐州 221123)

**摘要:** 侧柏纯林人工开设林窗辅助造林是调整森林结构的基础, 该文阐述了人工开设林窗的原则、方法和应掌握的技术要领, 并提出分阶段、分年度实施, 且实行小尺度干扰, 多建立复式林窗, 让林窗在林分内均匀分布, 对大小不同的林窗小气候、气温相对湿度、光照、土壤含水量进行观测分析, 提出人工开设林窗是促进森林演替的最佳方式。

**关键词:** 侧柏; 纯林; 林窗; 生态演替

中图分类号: S791.38 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1001-7380.2015.03.008

林窗最早由英国人 Watt 1947 年提出, 又称为林隙或林冠空隙, 它是研究森林演替的重要内容之一。林窗的发生过程就是不同树种在林窗的更新和填补过程。林窗的大小和形状也对森林树种产生影响<sup>[1-4]</sup>。在森林内人工开设大小不同的林窗, 运用斑块状造林技术, 可使林窗内树种生长发育迅速, 并促进林窗边缘林木生长, 为混交林的种群重建及选择最佳林木择伐技术、面积和强度提供科学依据。因此, 维护林窗效应强度有利于森林物种多样化的保护, 是推动森林演替进程, 把森林引向一个地带性较为稳定的森林群落。

## 1 人工开设林窗的方法

### 1.1 人工开设林窗原则

林窗开设要为调整森林结构打基础, 以提高生态公益林的质量, 有以下几点:

1.1.1 演替区划 分阶段、分年度多次开设, 并实行总量控制, 它是人工促进侧柏纯林演替的一种营林手段。分阶段、分年度实施方能保持生态环境的稳定, 实施过程中的对林木采伐和林窗面积实行总量控制, 每阶段林木采伐量和林窗面积不应突破总量的 30%。

1.1.2 循序渐进 实行小尺度干扰, 多建立复式林窗, 徐州石灰岩山地侧柏纯林生态环境恶劣, 植树成

活难, 成材难, 演替应该是循序渐进, 对侧柏纯林实施小尺度干扰, 林窗面积保持在 50~300 m<sup>2</sup> 之间, 为保护生态环境应多建立复式林窗, 即在林窗内仍保留数株侧柏的优势木。

1.1.3 人工开设的林窗要均匀分布, 不要机械排列。石灰岩山地立地类型波动性大, 结合小地形, 林木的稀疏度和森林经营等方面综合分析, 确定林窗分布与密度。

1.1.4 人工开设林窗与侧柏林中幼林抚育间伐同步实施, 去除林中病树、枯立木、被压弱树、断头树, 确保留下来的林木由弱变强, 枯枝再生新叶, 建立一个新的生态系统。

### 1.2 人工开设林窗的做法

1.2.1 以演替试验区的区划为基础, 以小区为单位(即 40 m × 50 m) 布置林窗, 即在 2 000 m<sup>2</sup> 内布置 3~4 个林窗, 其面积形状随林分状况而定, 形成不规则的自然形, 保证人工开设的林窗分布均匀(见分区图 1)。

1.2.2 演替试验区进行林分调查, 通过实地调查, 林分面积, 林木各径阶的株数, 统计林分总株数, 总面积和病树、枯立木、被压木的株数、林中空地(30 m<sup>2</sup> 以上) 与裸石面积(30 m<sup>2</sup> 以上) 最终测算林木采伐总量和林窗应开设面积。

1.2.3 林窗面积确定 林窗面积要依据林窗内通

收稿日期: 2014-11-06; 修回日期: 2014-11-24

基金项目: 徐州市科技发展项目“徐州石灰岩山地侧柏纯林演替技术的研究”(徐科技[2010]137号)

作者简介: 葛成立(1940-), 男, 江苏泰州人, 高级工程师, 主要从事造林与森林经营等工作。

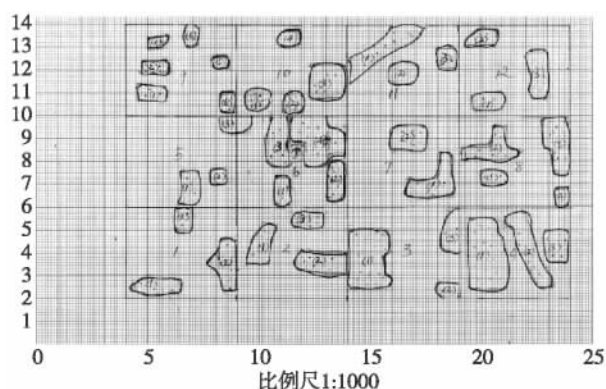


图1 IV分区地带性生态林演替树种区林窗图

风透光和演替树种耐荫性确定,同时参照林窗周边林木郁闭度和林木稀疏度加以认定,一般讲,小尺度林窗保持在 $40 \sim 300 \text{ m}^2$ 。另外,也可用林窗周边林木高度,来确定林窗面积,即林木高度 $1 \sim 2.5$ 的倍数自乘得出平方数而确定。

#### 1.2.4 人工开设林窗技术要领

(1) 以林隙及其走向向周边扩展,伐除枯立木、病弱树、过密树直至找到周边优势侧柏树。

(2) 对过密的地块,以弱树为中心向周边扩展实行疏伐,疏伐长度、宽度相当于林木平均高 $1 \sim 2$ 倍。

(3) 林中空地包括滥伐地块,人为破坏地块、人工开荒地植树造林遗漏地,林窗面积原则上就是林中空地面积,低于 $30 \text{ m}^2$ 要调整至 $50 \sim 60 \text{ m}^2$ 。

(4) 裸石地是指大于 $30 \text{ m}^2$ 裸石,林窗开设主要考虑裸岩植被覆盖,应在裸岩周边向外延伸 $2 \sim 3 \text{ m}^2$ ,让藤本植物有生长空间,以藤覆盖裸岩。

(5) 复式林窗开设方法、石灰岩山地立地条件差,林木长成大树要经历一个艰难复杂过程,因此,在浅层土、中层土的地段建立的林窗应适当保留林窗内数株优势侧柏树,以此提高生态环境质量。对林窗面积超过 $100 \text{ m}^2$ ,更应适当保留林窗内数株侧柏优势树。

## 2 林窗的小气候观测分析

### 2.1 观测点设置

为了解开设林窗内气候变化状况,特设置不同面积大小的林窗进行了1a的观测记载,林窗规格以观测点林分平均高 $0.75, 1, 1.5, 2$ 倍自乘得出的

平面积,将观测仪器放置林窗中心,本观测地点的林分平均高为 $8 \text{ m}$ ,林窗大小分别有 $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 、 $8 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ 、 $12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ 、 $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ 4种规格,另设有复式林窗观测点,林窗面积( $12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ ) $144 \text{ m}^2$ 以及侧柏林和林缘空旷区为对照观测点。

### 2.2 气温及相对湿度的观测

各月于每天早、中、晚3次观测结果列于表1。

从表1可以看出,6:00各观测点气温,相对湿度相近;12:00时 $8 \text{ m} \times 8 \text{ m}$ 、 $12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ 、 $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ 林窗内气温相对湿度相似,复式林窗与 $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 林窗气温,相对湿度相近,侧柏林内气温相对偏低 $1 \sim 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度偏高4%左右,林缘空旷地气温略高于其他观测点,相对湿度略低于其他观测点。18:00~19:00点各观测点气温、相对湿度相似,但林缘气温略高,其他4个林窗观测点 $1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在林区的小气候控制下,各个观测点气温、相对湿度无明显差异,这种微小的变化对林木生长也不会产生影响,大尺度林窗实际是一片无林地,其气温、相对湿度不在这个范围内。

### 2.3 林窗大小对太阳光照影响

以2013年4月20~25日数日观测,不同林窗大小接收太阳光照的状况见表2。

表2说明,林窗面积小,太阳进入林窗较晚, $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 林窗比 $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ 林窗晚62 min,太阳离开林窗时间相差较小,林窗间仅差14 min,为保证林窗内演替树种的生长, $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 林窗即按林高 $0.75$ 倍开设的林窗,东侧面积受光照面积偏小,宜另选择耐荫性树种, $12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$ 、 $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ 即按林分高 $1.5 \sim 2$ 倍的开设的林窗,光照较充足,适应多种演替树种的生长。

### 2.4 不同林窗大小对土壤含水量的影响

2013年10月选择气象轻度干旱期对地表土壤 $5 \sim 10 \text{ cm}$ 含水量测定分析结果列于表3。

表3说明,土壤含水量高低与林窗内林木根系密度与数量和林内光照度有关。 $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 林窗与复式林窗其侧柏林内的林木根系密度大,吸收土壤中水分相对较多,大林窗植物根系较少,吸收水分相对少,故土壤含水量略高,林缘空旷地因无树木遮荫,光照强度大,故表层土壤中含水量相对较低。

表 1 侧柏林不同林窗大小气温相对湿度汇总

月	气温/ ℃ 湿度/%	6 m×6 m 林窗			8 m×8 m 林窗			12 m×12 m 林窗			16 m×16 m 林窗			12 m×12 m 复式林窗			郁闭度 0.9			林缘空旷地		
		早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚	早	中	晚
1	温度	-4.3	3.6	1.1	-4.3	3.1	1.06	-4.56	3.1	0.93	-4.6	3.1	1.0	-3.93	3.8	1.46	-3.26	3.4	1.4	-4.47	3.7	2.1
	湿度	64.6	46.3	44.6	64.3	45.17	44.3	64.4	45.3	44.7	64.96	46.16	44.76	65.7	45.0	44.7	67.2	51.56	48.03	65.5	43.83	44.94
2	温度	-0.8	6.23	3.83	-0.9	6.06	3.73	-0.93	6.63	3.73	-1.03	6.3	3.93	-0.5	7.56	5.5	-0.1	5.5	4.37	0.83	6.97	5.3
	湿度	66.6	47.8	45.96	66.2	45.96	44	66.53	46.1	45.67	67.5	47.53	45.8	68.53	45.9	45.6	64.8	49.3	47.63	64.43	45.73	45.4
3	温度	4.37	11.63	9.87	4.26	11.83	10.36	4.03	12.6	10.3	4.8	12.6	10.2	5.4	12.7	10.97	4.8	11.6	10.7	5.3	14.7	12.3
	湿度	54.5	29.57	36.6	53.97	27.7	35.33	56.6	29.36	35.87	55.23	29.27	35.63	56	28.3	35.97	54.53	35.67	37.4	55.87	37.07	36.4
4	温度	8.2	21.73	13.03	8.5	23.23	13.5	8.06	23.97	13.63	8.23	23.6	13.63	10.53	23.2	14.47	9.57	20.67	13.43	10.77	24.17	16.0
	湿度	57.53	26.67	34.16	56.67	23.7	33.07	56.33	25.05	35.23	58.07	25.67	35.23	57.63	25.1	36.2	57.2	28.87	36.53	53.07	25.9	34.6
5	温度	15.2	25.93	21.17	15.37	27.07	21.27	15.83	26.77	21.2	15.53	26.57	21.53	17.2	26.3	23.8	20.17	24.77	21.26	17.2	28.27	22.57
	湿度	69.23	44.6	52.63	68.86	41.3	50.43	69.3	43.5	52.26	69.47	42.1	52.2	70.17	42.4	51.67	69.4	46.2	54.53	64.87	40.47	49.07
6	温度	20.0	32.8	25.6	24.43	33.87	26.57	20.93	33.9	26.2	20.96	34.2	26.47	22.13	32.63	26.63	20.37	30.97	25.97	21.67	35.0	27.97
	湿度	71.54	36.57	50.87	70.4	33.3	49.6	70.4	34.63	50.6	70.9	37.6	50.27	70.7	37.57	51.1	70.06	41.37	51.4	64.85	37.13	50.67
7	温度	24.73	32.0	27.53	25.1	33.93	28.17	24.67	32.93	27.5	24.43	33.17	27.9	25.43	32.8	28.36	24.9	29.97	27.77	25.27	35.53	27.77
	湿度	72.7	49.77	57.36	70.73	48.9	55.77	73.07	50.96	56.47	72.23	49.77	56.2	73.1	49.67	57.06	72.2	53.1	58.4	66.6	46.6	56.43
8	温度	22.67	31.23	26.6	22.97	31.8	27.33	22.73	32.3	26.17	22.77	32.03	26.83	24.17	31.53	27.6	22.47	28.87	26.4	24.03	30.67	28.6
	湿度	75.23	42.7	56.7	73.5	43.6	55.2	74.47	43.37	56.4	73.97	45.47	56.9	75.53	44.53	56.7	70.43	52.33	56.7	68.5	45.0	54.1
9	温度	17.27	26.67	21.53	17.67	26.87	22.03	17.37	27.57	21.63	17.47	27.23	21.70	18.57	27	22.47	17.87	25.27	22.52	18.7	26.73	23.2
	湿度	71.07	39.63	54.7	69.93	37.4	52.73	71.87	37.93	54.3	70.97	38.37	53.6	72.53	39.8	56.07	68.5	46.57	54.67	67.2	39.77	53.43
10	温度	11.7	22.4	16.03	11.6	22.67	16.13	11.6	23.27	16.07	11.87	22.87	16.2	11.7	23.36	16.7	12.7	21.3	16.87	12.77	21.8	17.53
	湿度	60.61	31.0	40.9	61.7	30.07	41.7	61.97	30.03	41.77	60.43	30.0	40.1	61.37	28.71	41.3	62.4	37.93	41.97	60.37	32.53	42.6
11	温度	4.67	11.3	7.4	4.4	10.97	7.37	4.23	12.03	7.23	4.07	11.13	7.17	5.9	12.93	8.53	5.93	11.33	8.17	6.67	12.9	9.77
	湿度	57.33	34.0	36.8	56.5	34.07	36.73	57	34.27	39.27	57.27	34.5	38.67	57.87	34.43	40.33	56.6	41.47	41.17	57.8	36.3	40.57
12	温度	-3.7	1.77	0.17	-3.57	1.83	0.07	-3.5	2.1	0.04	-3.93	2.0	-0.06	-3.43	3.2	1.73	-2.13	2.13	1.25	-2.53	2.93	2.4
	湿度	57.73	42.97	44.7	58.97	42.43	44.0	62.1	43.83	45.27	60.17	43.7	45.13	60.03	42.67	45.63	58.67	33.1	47.37	59.43	43.3	44.17

表 2 不同林窗大小每日光照状况

林窗大小 (m×m)	日出时间	太阳进林 窗时间	9:00 日 照面积/%	10:00 日 照面积/%	12:00 日照 面积/%	15:00 日照 面积/%	太阳离开 林窗时间	日落时间
6×6	5:22	7:26	22	55	78	55	17:05	18:56
8×8	5:22	7:12	50	67	85	72	17:09	18:56
12×12	5:22	6:39	73	86	94	87	17:11	18:56
16×16	5:22	6:24	72	87	95	87	17:19	18:56

表 3 各林窗地表土壤含水量

林窗类型	试验土重 /g	干土重 /g	含水量 /g	含水率 /%
6 m×6 m	50	43	7	16.3
8 m×8 m	50	42.5	7.5	17.6
12 m×12 m	50	42.5	7.5	17.6
16 m×16 m	50	42.5	7.5	17.6
复式林窗	50	43	7	16.3
侧柏林	50	43	7	16.3
林缘空旷地	50	44.5	5.5	12.4

3 结果与讨论

3.1 人工开林窗林木采伐量实施总量控制

采伐量不突破总蓄积 30% ,根据试验区 7.8 hm<sup>2</sup> 每木调查记录 ,开设林窗前侧柏14 962 株 ,总蓄积 465.09 m<sup>3</sup> ,经过 2010 年、2011 年连续 2 a 人工开设林窗并结合抚育间伐 2 a 共伐林木 4 444 株 ,其中病株、枯立木 755 株 ,过密树 2 723 株 ,保留侧柏 10 518 株 ,减少 29.7% ,实测林木总蓄积 443.7 m<sup>3</sup> ,减少 4.6% 。

3.2 人工开设林窗面积实施总量控制

首次开林窗面积不应突破总面积的 30%。对 7.8 hm<sup>2</sup> 试验区调查统计林窗面积。结果显示,人工林窗计 139 个,平均每公顷 17.8 个,其中复式林

窗 117 个,窗内保留侧柏树 797 株,林窗总面积 2.354 hm<sup>2</sup>(见表 4),占试验区总面积 28.7%,平均每个林窗 160.82 m<sup>2</sup>,按小区开设的林窗其林窗分布较为均匀,保证演替树种在林分内均匀分布。

表 4 试验区林窗数量与面积统计

分区	小区	林窗数	面积 /m <sup>2</sup>	内有侧柏 /株	分区	小区	林窗数	面积 /m <sup>2</sup>	内有侧柏 /株
I	1	3	782	19	II	1	5	629	13
	2	4	59	16		2	5	736	51
	3	3	469	21		3	3	436	21
	4	3	484	23		4	3	539	26
	5	3	639	21		5	2	444	25
	6	5	703	14		6	5	578	33
	7	3	441	9		7	4	522	15
	8	3	522	11		8	3	420	19
	9	3	526	15		9	3	546	25
	小计	30	4 625	149		小计	33	4 850	228
III	1	3	501	5	IV	1	3	425	15
	2	5	528	22		2	3	518	17
	3	4	639	31		3	3	670	23
	4	5	1 282	42		4	3	1 024	41
	5	4	1 005	33		5	3	225	3
	6	3	460	12		6	4	888	27
	7	3	886	11		7	2	354	14
	8	4	720	30		8	4	547	17
	9	4	423	11		9	6	389	17
	小计	35	6 444	197		10	4	492	12
						11	3	511	18
						12	3	392	19
						小计	41	6 435	223

3.3 林窗小气候影响演替树种选择和森林树种组成

通过对不同规格林窗小气候分析、人工开设林窗面积,可以用林分平均高的倍数自乘测算林窗面积,以试验区侧柏林 8 m 树高为依据(选用 6 m×6 m,8 m×8 m,12 m×12 m,16 m×16 m)测定林窗小气候,其林窗内温度相对湿度无明显差异,对造林成活率和林木生长无明显影响,光照时间以林分平均高 1.5~2.0 倍自乘得出面积(即 12 m×12 m,16 m×16 m),林窗内光照时间最长与林缘空旷处无明显差异,林窗内表层土壤含水量在天气轻度干旱期

测定,以林分平均高的 1,1.5,2 倍,自乘得出的面积(即 8 m×8 m,12 m×12 m,16 m×16 m)比其他林窗土壤含水量较高。综上所述,人工开设林窗的面积应以林分平均高 1~2.5 倍自乘得出的面积,其林窗小气候环境最佳,也适合林木生长,可作为人工开设林窗大小的依据。

3.4 人工开设林窗是森林干扰的一种方式

试验结果说明人工开设林窗应该实施小尺度干扰,面积在 40~300 m<sup>2</sup>之间,这种小尺度林窗形成的森林植物群落成为不同发育阶段斑块镶嵌体,它

(下转第 39 页)

表 6 地下竹鞭变化量成对二样本  $t$  值分析

分析因子	处理	均值/cm	$t$ Stat	$t_{0.01}(4)$	$P$
长度	覆盖	1 022.2	7.550 3	3.746 9	0.000 82
	对照	862.4			
粗度	覆盖	2.75	1.122 9	3.746 9	0.162 15
	对照	2.64			

由表 6 可见:  $t$  值地下竹鞭总鞭长的为  $7.550\ 3 > t_{0.01}(4)\ 3.746\ 9$ , 存在极显著差异, 而  $t$  值平均鞭径粗度的为  $1.122\ 9 < t_{0.01}(4)\ 3.746\ 9$ , 说明虽然有增加, 但尚不达到显著差异。究其原因, 可能是覆盖林地的覆盖物在春笋采收时就挖开, 覆盖 45~60 d, 时间不够长; 覆盖期间又是处于鞭笋生长的结束期, 不会对竹鞭正常生长带来大的影响。其次, 有研究表明: 采挖鞭笋时, 将细鞭和弱鞭挖除, 并对粗壮的浅鞭进行了深埋后, 就不会影响整体的竹鞭鞭径和竹鞭总量生长<sup>[6]</sup>。由此可见, 对覆盖的林地通过合理地采挖鞭笋, 不仅能增加鞭笋的产量, 提高单位面积的经济收入, 还可以解决采用覆盖技术后对毛竹林地的地下总鞭长和幼壮龄鞭的鞭径下降问题。

3 结论

(1) 本研究结果显示, 在春笋小年的覆盖毛竹林地, 其鞭笋产量第 2 a 增加 159.22%、第 3 a 增加 174.34%, 可见毛竹林地覆盖技术也能极显著地提高鞭笋产量。在 400 m<sup>2</sup> 样地内, 春笋大年鞭笋产量只有 33~39 kg, 而春笋小年, 鞭笋产量为 128~152

kg, 表明在大小年明显的毛竹林地中, 其鞭笋的产量也存在着春笋大年、鞭笋小年; 春笋小年、鞭笋大年, 循环交替的大小年现象。

(2) 对覆盖的林地通过及时挖除细小鞭的笋, 留养和填埋粗壮鞭的笋, 弱鞭强挖、壮鞭弱挖, 每年都进行鞭笋采挖, 不仅能解决采用覆盖技术促使春笋早发后林地的地下总鞭长和幼壮龄鞭的鞭径下降问题。而且, 还可以极显著地增加鞭笋产量、单位面积中地下竹鞭总鞭长以及促使竹鞭平均鞭径略有增粗。

(3) 毛竹林地覆盖有利于地面保温和增加地面持水及保肥能力, 覆盖材料本身腐烂分解的有机质也有利于竹鞭的生长发育, 从而提高单位面积的产量<sup>[5]</sup>。结合鞭笋采挖, 既不会影响整个竹鞭鞭系生长, 还能调控竹鞭生长, 推动竹鞭总量生长。合理采挖毛竹鞭笋技术值得在毛竹林覆盖的地块中推广应用。

参考文献:

[1] 周本智, 傅懋毅. 粗放经营毛竹林鞭系和根系结构研究[J]. 林业科学研究, 2008, 21(2): 217-221.  
[2] 连强壮, 罗龙发, 田晓萍. 浅谈挖掘毛竹鞭笋的意义及提高鞭笋产量的技术措施[J]. 竹子研究汇刊, 2000, 1(19): 44-47.  
[3] 周文伟, 何奇江, 吕锦水, 等. 施肥对毛竹鞭笋营养成分含量影响的初步分析[J]. 竹子研究汇刊, 2012, 8(3): 34-37.  
[4] 马金德, 陆媛媛, 朱文强, 等. 黄腐酸钾型豆粕有机肥对毛竹林增产效应研究[J]. 世界竹藤通讯, 2012, 10(1): 23-25.  
[5] 王波, 汪奎宏, 李琴. 地面覆盖对毛竹林生长影响的初步研究[J]. 世界竹藤通讯, 2012, 10(1): 20-22.  
[6] 毛达民, 陆媛媛, 郑林水, 等. 鞭笋挖掘后毛竹竹鞭的生长规律[J]. 浙江农林大学学报, 2011, 28(5): 833-836.

(上接第 35 页)

增加了森林群落的丰富度, 改变了森林结构, 提高了森林资源质量, 林窗开设要与林窗补充新的树种资源紧密联系起来, 成为整体, 保证林窗在森林演替中的推动力得到有效发挥。

3.5 复式林窗在侧柏纯林演替中作用

复式林窗是指在人工开设林窗面积范围内适当保留数株分布匀称的优势侧柏树, 这些保留的侧柏树又不能成为独立林窗, 故此称复式林窗。其优点有: (1) 让立地条件差、生态脆弱的石灰岩山地侧柏纯林, 不因开设林窗而增加采伐强度, 影响生态环境; (2) 有利于调整演替过程中林木混交形式, 增加

群落演替中多种混交模式如株间混交、乔灌混交等; (3) 有利于新植幼苗的成活与生长, 提高幼苗的抗性; (4) 有利于减轻恶劣立地环境对森林生物多样性的制约。

参考文献:

[1] 梁晓东, 叶万辉. 林窗研究进展(综述)[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(4): 355-364.  
[2] 段仁燕, 王寿安, 吴甘霖. 林窗干扰与森林群落演替[J]. 广西植物, 2005, 25(5): 419-423.  
[3] 谭辉, 朱泰君, 康宏樟, 等. 林窗干扰研究[J]. 生物学杂志, 2007, 26(4): 587-594.  
[4] 李俊清. 森林生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.