浙 江 林 业 科 技，2019，39（5）：82－86
J Zhejiang For Sci Technol

doi:10.3969/j.issn.1001-3776.2019.05.013

桂北地区杉木采穗圃促萌技术研究

郭　亮，秦丽凤，张师银，邓戴云

（桂林市林业科学研究所，广西　桂林，541004）

摘要：为提高‘柳 299’和‘西山 9122’两个品系杉木 *Cunninghamia lanceolata* 无性系采穗圃的萌条产量，采用 L_9（3^4）正交试验方法筛选出压杆程度、定植深度、种植间距三个因素中可以提高萌条产量的高产组合，并对三个因素各自对萌条产量的影响进行分析。结果表明，在所有组合中，2 个品系均以压杆程度为茎秆与地面呈 20°～30°、定植深度为根颈部以上 1～2 cm、种植间距为 30 cm×30 cm 这一组合萌条产量最高；在此组合条件下，‘柳 229’比‘西山 9122’能产生更多的合格萌条，其采穗圃有效萌条（长度 6 cm 以上，无明显偏冠现象）产量可达到 45 条·株$^{-1}$ 以上，有效萌条产量可达 390 万条·hm^{-2}，适合作为构建杉木采穗圃的母株。

关键词：杉木；采穗圃；压杆程度；定植深度；种植间距

中图分类号：S791.27　　　**文献标识码**：A　　　**文章编号**：1001-3776（2019）05-0082-05

Promote Germination Technology of *Cunninghamia lanceolata* Tutting Trchard by Tense Tlanting and Tending Tursery Stock

GUO Liang，QIN Li-feng，ZHANG Shi-yin，DENG Dai-yun

（Guilin Forestry Science Research Institute, Guilin Guangxi 541004,China）

Abstract: In order to promote the sprout yield of *Cunninghamia lanceolata* clones ‘Liu 229’ and Xishan‘9122’in the two clonal panicle garden，the L_9 (3^4) orthogonal test was used to screen out the high yield combinations that could increase the yield of sprout strips from the three factors of bar pressure, planting depth and planting spacing, and the effects of the three factors on the yield of sprout strip were analyzed.. The results showed that the highest yield combination was that the stalk and the ground were 20 ~ 30 degrees, the planting depth was 1 to 2 cm, and the spacing between planting was 30 cm×30 cm. Under this combination,‘Liu229’can produce more qualified sprouts than‘Xishan 9122’,the effective germination of the *Cunninghamia lanceolata* (length of 6cm and no obvious crown deviation) can reach 45axis per tree or more, the effective sprouting yield per hectare can reach 3.9 million or more, which is suitable for increasing the yield of the sprout of the *Cunninghamia lanceolata* cutting orchard.

Key words: *Cunninghamia lanceolata*; Cutting orchard; Degree of bending nursery stock; Planting depth; Planting density

杉木 *Cunninghamia lanceolata* 是我国独有的树种之一，因其在生长速度、材料质地等方面拥有明显的优势，因此，也被广泛作为经济林树种应用。尽管如此，我国的杉木林发展仍比较缓慢，各地杉木林区分布不均，单单依靠实生苗栽培，已无法满足对杉木幼苗的需要[1]。杉木苗木繁殖主要分为有性繁殖和无性繁殖两种，与传统的有性繁殖相比，无性繁殖较少发生基因重组现象，根据“有性繁殖创造变异，无性繁殖固定变异”的育种策略[2]，无性繁殖方式更有利于维持杉木母树优良性状的稳定性。苗木扦插作为杉木主要的无性繁殖方式之一，

收稿日期：2019-03-17；修回日期：2019-07-28
基金项目：桂林市科学研究与技术开发计划项目（科技攻关 2016011201）
作者简介：郭亮，工程师，硕士，从事林木快繁技术研究；E-mail: 690704326@qq.com。

利用采穗圃促萌技术进行萌条增产繁殖，可直接影响到杉木扦插苗木的质量。扦插苗木质量的好坏，同扦插材料的来源、萌条质量等因素有关[3]，因此探索较为合理的促萌条件组合对提高杉木采穗圃萌条产量具有重要意义。从已有报道分析发现，能够促使杉木母株提高萌条产量的因素有很多，主要有压杆程度、定植深度、种植间距、截杆、施肥水平、损伤、火烧、病虫等因素[4]。张晓珍研究了母株压条角度、施肥种类和圃地土壤等培育措施对杉木无性系采穗圃萌条数量、质量及成活率的影响，结果表明不同培育措施对杉木无性系采穗圃萌条产量及直径的影响显著，但对扦插成活率的影响不显著[5]。尽管以上各因素都会对杉木采穗圃母株的萌条产量产生影响，但当多种因素同时存在时，是否存在因素间的相互作用的研究较少，通过研究压杆程度、定植深度、种植间距三个因素间的相互作用下的高产组合，可进一步提高杉木采穗圃的萌条产量。本文采用极差分析法和方差分析法对正交试验结果进行分析，筛选出压杆程度、定植深度、种植间距三个因素中的高产组合，并对三个因素各自对萌条产量影响的显著程度进行分析，以期为杉木采穗圃的营建方式提供科学依据。

1　试验地的选择

为保证采穗圃达到丰产，一般采穗圃应选择地势开阔、气候温和、阳光充足、坡度较小（30°以下）、土壤肥沃的地方[6]。试验地设在桂林市林业科学研究所杉木育苗基地，110°21′ E，25°18′ N，属亚热带湿润季风气候，气候温和，雨量充沛，平均海拔 150 m 左右，全年无霜期 300 d 左右，年平均气温 19℃，年平均降水量 1 900 mm。试验地平坦开阔，土壤种类为黄壤土，土层厚度约 50 cm，pH 为 6.5 左右，表现为弱酸性，排水通畅，符合杉木采穗圃的选址要求。

2　材料与方法

2.1　试验材料

营建采穗圃的杉木母株苗木共有两个品系，分别为‘柳 229’和‘西山 9122’。母株苗木为桂林市林业科学研究所自行育苗，为 1 年生扦插苗，大小均匀，苗高 40 ~ 50 cm，基径 1 cm 左右。

2.2　试验方法

2.2.1　采穗圃整地及母株定植　在母株定植前一个月，进行全面除杂，翻地，并淋 0.5%高锰酸钾溶液进行消毒，一周后按正交试验设计方案，对试验地进行划分，挑拣出较大石块，并将泥土敲细，畦面按要求平整。于 2016 年 3 月进行母株苗木定植，将定植的母株统一截顶，截顶长度统一为 2 ~ 3 cm，按正交试验设计进行分区定植，保持苗木根颈部与地表持平，为提高成活率须培 10 cm 厚的土，定植后浇透水，并做好后期的抚育管理工作。

2.2.2　正交试验方法设计　试验采用正交试验方法，探究压杆程度（A）、定植深度（B）、种植间距（C）三种因素对萌条产量的影响，每个因素设 3 个水平，具体如表 1，因此可运用 L_9（3^4）正交试验方法进行试验设计。

将‘柳 229’和‘西山 9122’两个品系分别按 L_9（3^4）正交试验方法对各因素水平进行排列设计，具体如表 2，以上试验重复 3 次，每个重复定植 50 株，定植地点随机分布。定植同时，须按照试验设计，选定不同的种植间距，并在定植后 3 个月内，将已发新芽成活的母株根颈部的培土刨开至试验设计 B 的 3 个水平，同时对需要压杆处理的母株进行压杆，对未成活的母株苗木进行补种。

表 1　正交试验各因素与水平

Table 1　Factor and level table of orthogonal test

水平编号	A	B/ cm	C/（cm× cm）
水平 1	不压杆（A_1）	根颈部以上 1 ~ 2 （B_1）	30×30 （C_1）
水平 2	茎杆与地面呈 20° ~ 30°（A_2）	根颈部以上 3 ~ 4（B_2）	40×30 （C_2）
水平 3	将苗压至地面（A_3）	根颈部以上 5 ~ 6（B_3）	50×30 （C_3）

2.2.3　试验数据统计　2017 年 3 月和 5 月对全部母株苗木各取一次萌条，要求扒开泥土，只取根颈部位带有黄化部分的萌条，每次取萌条后要用泥土对母株根颈部位重新覆盖[7]。统计萌条数量时，只统计长度在 6 cm 以上

并且无明显偏冠的萌条数量，依据三个重复一年所剪根颈部萌条总平均数除以每个处理种植母株株数即可得出试验母株单株年平均产萌条量。

表 2 L_9（3^4）正交试验设计
Table 2 Orthogonal test design table

处理编号	A	B	C	处理编号	A	B	C
1	A_3	B_3	C_2	6	A_1	B_1	C_1
2	A_1	B_2	C_2	7	A_2	B_1	C_2
3	A_2	B_2	C_3	8	A_3	B_2	C_1
4	A_2	B_3	C_1	9	A_1	B_3	C_3
5	A_3	B_1	C_3				

2.2.4 试验数据分析 采用 IBM SPSS Statistics 24 软件对‘柳 229’和‘西山 9122’两个品系正交试验所得数据分别进行极差分析和方差分析。

3 结果与分析

3.1 不同试验组合间的母株萌条产量

两个不同品系杉木采穗圃对比试验结果表明，不同压杆程度、定植深度和种植间距组合，对杉木采穗圃有效萌条产量具有不同的影响，采穗圃母株产萌条平均数及每公顷产萌条总数如表 3。

由表 3 可看出，在‘柳 229’和‘西山 9122’两个品系中，同样是试验组合 7 产量最高，其中‘柳 229’萌条产量（均值为 47.6±0.71 条·株$^{-1}$，产萌条总数为 396.66 万条·hm^{-2}）在这一组合下略高于‘西山 9122’萌条产量（均值为 43.2±3.08 条·株$^{-1}$，产萌条总数为 360 万条·hm^{-2}）。主要原因是，尽管‘西山 9122’三个重复共 150 株萌条总产量在 9 000 条以上高于产萌条 8 000 左右的‘柳 229’，但‘西山 9122’萌条较短，且偏冠的萌条占比例较高，不符合扦插用萌条的基本要求，因此对不合格萌条并未进行统计，这表明作为无性系扦插母本，‘柳 229’比‘西山 9122’能产生更多的合格萌条，在采穗圃建设方面更有优势。此外，在各组试验中，萌条平均数高的组合并不一定就有较高的每公顷产萌条数，如组合 3 比组合 4 萌条平均数更高，但每公顷产萌条数组合 3 低于组合 4，因此试验中既要考虑提高杉木母株的利用率又要考虑对土地的利用程度。

表 3 不同组合的正交试验结果
Table 3 Orthogonal test results of different combinations

处理编号	‘柳 229’		处理编号	‘西山 9122’	
	萌条平均数/(条·株$^{-1}$)	萌条总数/(万条·hm^{-2})		萌条平均数/(条·株$^{-1}$)	萌条总数/(万条· hm^{-2})
1	19.6±1.53	163.33	1	18.5±1.23	154.16
2	12.6±1.90	105.00	2	8.9±3.84	74.16
3	39.2±3.15	261.33	3	36.8±7.38	245.34
4	33.5±4.69	372.22	4	29.0±0.85	322.22
5	28.5±2.27	190.00	5	29.7±2.86	198.00
6	14.4±1.15	205.72	6	11.8±3.00	168.58
7	47.6±0.71	396.66	7	43.2±3.08	360.00
8	23.4±8.58	260.00	8	25.3±2.13	281.11
9	7.1±3.07	47.34	9	4.2±2.18	28.00

3.2 不同因素间的极差分析

利用极差分析法对正交试验结果进行分析结果见表 4。在表 4 中，两个品系间，因素 A 中 K 值最大为 K_2，因素 B 中 K 值最大为 K_1，因素 C 中 K 值‘柳 229’最大为 K_2（79.8），‘西山 9122’最大为 K_3（70.7），因此通过极差分析发现，最优组合为：‘柳 229’为 $A_2B_1C_2$，‘西山 9122’为 $A_2B_1C_3$。利用各因素间的 R 值进行对比可知，两个杉木品系萌条平均数中各因素间影响大小的主次顺序为：A > B > C。

在表 5 中因素 A 和因素 B 的最佳选项同样分别为 A_2，B_1，但因素 C 中尽管 C_1 的单株平均产量并没有 C_2 高，但 C_1 在每公顷产量上远远高于 C_2，因此每公顷产萌条数的最优组合为：$A_2B_1C_1$，利用各因素间的 R 值进

行对比可知，两个杉木品系每公顷产萌条数中各因素影响大小主次顺序为：A > C > B。

表 4　影响萌条平均数不同因素间的极差分析
Table 4　Orthogonal polar difference analysis between different factors affecting the average number of coppice shoot

3 水平平均值	‘柳 229’			‘西山 9122’		
	A	B	C	A	B	C
K_1	34.1	90.5	71.3	24.9	84.7	66.1
K_2	120.3	75.2	79.8	109.0	71.0	70.6
K_3	71.5	60.2	74.8	73.5	51.7	70.7
R	86.2	30.3	8.5	84.1	33.0	4.6
因素主次	A > B > C			A > B > C		
较优因素	A_2	B_1	C_2	A_2	B_1	C_3

表 5　影响每公顷产萌条数不同因素间的极差分析
Table 5　Orthogonal polar difference analysis between different factors affecting the number of coppice shoot

3 水平平均值	‘柳 229’			‘西山 9122’		
	A	B	C	A	B	C
K_1	358.05	792.38	837.93	270.73	726.57	771.90
K_2	1 030.22	626.33	665.00	927.56	600.61	588.34
K_3	613.33	582.89	498.66	633.27	504.39	471.33
R	672.17	251.39	339.26	656.82	222.18	300.57
因素主次	A > C > B			A > C > B		
较优因素	A_2	B_1	C_1	A_2	B_1	C_1

3.3　不同因素间的方差分析

为了对正交试验结果进一步分析，并对极差分析结果进行验证，采用 SPSS 分析软件对正交试验结果进行方差分析。由表 6、表 7 可知，‘柳 229’和‘西山 9122’两个品系萌条平均数的 *P* 值同样是 C > B > A，依据方差分析原理，*P* 值越小说明该因素对萌条产量的影响越显著，因此两个品系间影响因素主次顺序为 A > B > C，这与萌条平均数极差分析结果相同。在‘柳 229’中因素 A 的 F=293.319，*P*=0.003 < 0.01；因素 B 的 F=36.033，*P*=0.027 < 0.05；因素 C 的 F=2.865，*P*=0.259 > 0.05，这表明在‘柳 229’的正交试验中，因素 A 对试验结果的影响极显著，因素 B 对试验结果的影响显著，因素 C 对试验结果的影响不显著；在‘西山 9122’中因素 A 的 F=185.613，*P*=0.005 < 0.01；因素 B 的 F=28.622，*P*=0.034 < 0.05；因素 C 的 F=0.719，*P*=0.582 > 0.05，这同样表明在‘西山 9122’品系的正交试验中，因素 A 对试验结果的影响极显著，因素 B 对试验结果的影响显著，因素 C 对试验结果的影响不显著。

表 6　影响‘柳 229’萌条单株平均数不同因素间的方差分析
Table 6　Variance Analysis of Different Factors Affecting the Average Number of coppice shoot of‘Liu 229’

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	*P* 值
A	1 245.627	2	622.813	293.319	0.003
B	153.020	2	76.510	36.033	0.027
C	12.167	2	6.083	2.865	0.259
误差	4.247	2	2.123		
总计	1 415.060	8			

表 7　影响‘西山 9122’萌条单株平均数不同因素间的方差分析
Table 7　Variance Analysis of Different Factors Affecting the Average Number of coppice shoot of‘Xishan 9122’

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	*P* 值
A	1 188.336	2	594.168	185.613	0.005
B	183.242	2	91.621	28.622	0.034
C	4.602	2	2.301	0.719	0.582
误差	6.402	2	3.201		
总计	1 382.582	8			

由表 8、表 9 表明，品系‘柳 299’中因素 A 的 F=84.595，*P*=0.012 < 0.05，因素 C 的 F=21.238，*P*=0.045 < 0.05，因此因素 A 和因素 C 在每公顷萌条数上表现为影响显著；品系‘西山 9122’中仅有因素 A 的 F=39.400，

P=0.025＜0.05，表现为影响显著。

表 8　影响‘柳 229’每公顷萌条数不同因素间的方差分析

Table 8　Variance analysis of different factors affecting the number of sprouts per hectare of‘Liu 229’

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
A	76 828.287	2	38 414.144	84.959	0.012
B	8 158.159	2	4 079.080	9.022	0.100
C	19 205.702	2	9 602.851	21.238	0.045
误差	904.300	2	452.150		
总计	550 697.199	9			

表 9　影响‘西山 9122’每公顷萌条数不同因素间的方差分析

Table 9　Variance analysis of different factors affecting the number of sprouts per hectare of‘Xishan 9122’

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
A	72 160.791	2	36 080.395	39.400	0.025
B	8 277.944	2	4 138.972	4.520	0.181
C	15 303.548	2	7 651.774	8.356	0.107
误差	1 831.480	2	915.740		
总计	470 312.504	9			

4　讨论

杉木本身具有很强的生产萌条的能力，在人为创造的某些条件下，可以促使这一特性的发挥，杉木采穗圃就是利用这一方面的特性达到高产稳产的目的[8]。采穗圃的营建和管理方法可以直接影响到杉木扦插萌条的产量高低和质量水平。本次试验选取了压杆程度、定植深度、种植密度三个因素，探究在三个因素相互作用时对杉木采穗圃萌条产量的影响程度。在此次探究的基础上，下一步应针对以下几个问题进行深入探究：（1）对母株进行压杆处理时，应将压杆的程度控制在合理的范围内，在本次试验中“将苗压至地面”和“茎秆与地面呈20°~ 30°”两个水平条件下，当其他因素一致时，萌条总产量并没有显著的差异，主要差异体现在当苗压至地面时，萌条不符合筛选要求的比例会大大增加，主要表现在萌条生长不良，较短较细，因此统计后符合要求萌条数量会减少。建议进一步开展促萌改良试验，寻找更有优势的促萌方法。（2）在种植密度因素水平选择上，由于在本次探究中对结果的影响并不显著，应在今后的试验中进行范围更广的水平选择，探究在 30 cm × 30 cm 以下更低种植密度的情况，积极提高单位面积萌条的总产量。

5　结论

试验结果表明，杉木采穗圃母株定植的压杆程度和定植深度对单株萌条平均数都有显著的影响，其中母株压杆程度为茎秆与地面呈 20°~ 30°，定植深度为根颈部以上 1 ~ 2 cm 最能促进萌条的生成；母株种植间距对单株萌条平均数没有显著影响，但对每公顷产萌条总数是有影响的，在建立杉木采穗圃时既要考虑提高单株母株的利用率，减少用工成本，又要考虑合理提高土地的利用率，因此本次试验中最佳的种植间距为 30 cm × 30 cm。‘柳 229’和‘西山 9122’两个品系最适的组合为 $A_2B_1C_1$，即压杆程度为茎秆与地面呈 20°　~ 30°，定植深度为根颈部以上 1 ~ 2 cm，定植间距 30 cm × 30 cm，在此组合下不仅能提高单株母株的利用率，还能合理提高土地的利用率。此外 由‘柳 229’和‘西山 9122’两个品系间比较发现，在同一条件下，‘柳 229’所产萌条数量更多，有效萌条（长度 6 cm 以上，无明显偏冠现象）产量可达到 45 条·株$^{-1}$ 以上，有效萌条产量可达 390 万条·hm^{-2}，更适合作为构建杉木采穗圃的母株。

参考文献：

[1] 王毅，郑仁华，陈孝丑，等. 杉木种质资源保存利用现状及发展策略[J]. 福建林业科技，2007，34（1）：128 – 132.
[2] 李毅，邸利，惠晓萍，等. 箭胡毛杨良种采穗圃营建技术与产穗量的相关分析[J]. 甘肃农业大学学报，2000（2）：19 – 23.
[3] 姜景民，胡世才，夏锡凤. 湿地松育苗密度的研究[J]. 林业科学研究，1995，8（2）：199 – 204.
[4] 许忠坤. 杉木采穗圃母株弯根处理与萌条产量初探[J]. 湖南林业科学，1992，19（1）：3 – 4.
[5] 张晓珍. 培育措施对杉木优良无性系采穗圃穗条生长的影响[J]. 亚热带农业研究，2017，13（1）：15 – 18.
[6] 石怀昌，吴益莲，卢永艳. 杉木无性系育苗与造林技术[J]. 现代农业科技，2010（16）：194，205.
[7] 徐清乾，殷元良，许忠坤，等. 湖南省杉木优良无性系定向选择[J]. 湖南林业科技，2011，38（6）：46 – 49.
[8] 黄宏全，张和生，邓爱平. 新建杉木采穗圃促萌技术的研究[J]. 湖南林业科学，1992，19（1）：38 – 41.