

文章编号: 1000-5692(2000)04-0355-05

喜树幼树和萌芽条生长规律及性状相关

周国模¹, 李孝青¹, 储家淼², 陈祖安¹, 许绍远¹

(1. 浙江林学院 资源与环境系, 浙江 临安 311300; 2. 浙江林学院 试验总场, 浙江 临安 311300)

摘要: 为了给叶用喜树栽培提供科学与实践依据, 采用 16 个喜树地理种源的 1 年生壮苗上山造林和苗床截干 2 种处理方法, 测定幼树和萌芽条的生长量。结果表明: 幼树高生长量第 1 名至第 5 名依次为湖南长沙、福建屏南、湖北武昌、浙江丽水和浙江临安种源, 根径与树高间相关系数以贵州贵阳种源最大。截干后萌芽条总的萌芽率为 69.3%, 第 1 名至第 5 名依次为浙江临安、浙江开化、浙江丽水、江苏南京林业大学和安徽东至种源, 萌芽条的根径与高生长间相关性都呈紧密相关。表 7 参 3

关键词: 喜树; 种源; 幼树生长量; 相关分析

中图分类号: S718.3; Q945.3 **文献标识码:** A

1 概况

据国内外研究报道, 喜树碱 (camptothecin) 是一种有效的抗癌物质^[1], 从喜树 (*Camptotheca acuminata*) 的叶和种子中提取喜树碱, 引起了世人的极大关注, 因此开发喜树资源, 加强种源和栽培技术的研究显得极为重要^[2]。

浙江林学院喜树教研组于 1997 年 11 月份, 第 2 次收集中国南方 10 个省的 16 个喜树地理种源的种子, 于 1998 年 2 月 9 日在浙江林学院试验总场育苗试验, 获得喜树不同种源苗高生长规律的初步研究结果^[3]。2000 年 2 月我们按试验设计配置图式和造林技术规程, 上山造林, 秋季检查, 造林成活率为 82.6%, 冬季进行每木实测根径、树高和冠幅。另外, 我们将 1 年生苗留床进行截干试验, 于 1999 年 2 月 22 日离地 15 cm 处截干。每株苗木根际以上的皮层萌发出 2~5 个不定芽。16 个地理种源, 9 次重复试验。通过上山造林和留床截干 2 种处理方法, 对 2 年生的幼树和截干后 1 年生萌芽条, 测定其生长量, 通过回归分析研究其生长规律及性状相关。研究的目的是为叶用喜树栽培提供科学和实践依据。

造林地设在浙江林学院试验总场, 海拔 30~250 m, 坡度 15°~25°, 坡向西偏北, pH 值为 6, 土壤体积质量为 1.33 g·cm⁻³, 有机质 16.08 g·kg⁻¹, 全氮 0.548 g·kg⁻¹, 水解氮 48.69 mg·kg⁻¹, 有效磷 46.10 mg·kg⁻¹, 速效钾 93.75 mg·kg⁻¹。试验地地处 30°14'N, 119°42'E。年平均气温 15.8 °C, 月平均最高气温 32.4 °C, 月平均最低气温 0 °C, 极端最高气温 40.7 °C, 极端最低气温 -13.1 °C, 年平均日照时数 1945.8 h, 平均相对湿度 82%, 年平均降水量 1424.8 mm, 年平均蒸发量 1129.6 mm, 年平均

收稿日期: 2000-09-04

基金项目: Pacific West Cancer Fund 资助项目

作者简介: 周国模(1961—), 男, 浙江诸暨人, 教授, 硕士, 从事森林经理、风景旅游和林业可持续发展研究。

风速 $1.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 年平均有霜期 129.4 d.

2 方法

2.1 造林试验设计配置图式和造林技术规程

水平方向株距 1 m, 上下方向株距 2 m, 种源间上下方向行状间隔配置图式, 6 次重复排列。

造林技术规程: 水平带整地, 带宽 0.8~1.0 m, 筑水平梯地, 带间留草本、杂竹和灌木, 用以保持水土。水平梯地上深挖 25 cm, 栽植穴直径 25 cm, 深 35 cm。选用壮苗, 苗高 120 cm 以上, 根径 1.2 cm 以上; 根部修剪, 主根留长 28 cm, 侧根留长 20 cm; 栽植时做到“根舒”, 分层压实, 底部回表土, 上部填心土。1 a 内幼林地松土除草 2 次, 6 月和 8 月各 1 次。

2.2 土壤分析方法

有机质用重铬酸钾外加热法; 全氮用凯氏法; 水解氮用碱解扩散法; 有效磷用双酸法; 速效钾用乙酸铵浸提, 火焰光度法; 速效磷用盐酸复化铵浸提, 钼锑抗比色法。

2.3 种源地

1997 年 11 月上旬, 从中国南方 10 个省的 16 个地区, 同时采摘喜树种源地的种子: 1 号安徽合肥, 2 号云南昆明, 3 号湖北武昌, 4 号安徽东至, 5 号浙江开化, 6 号贵州贵阳, 7 号江西南昌, 8 号福建屏南, 9 号湖南长沙, 10 号浙江临安, 11 号江西林科院, 12 号浙江丽水, 13 号浙江余杭, 14 号江苏南京林业大学, 15 号江苏南京, 16 号广东广州。

2.4 生长量测定方法及分析方法

对幼林中的 2 年生幼树, 测定直径(根径及胸径)、树高和冠幅; 对留床截干后的 1 年生萌芽条, 测定数量和根径及高生长量。进行方差分析、两性状间相关分析和回归分析。

3 结果分析

3.1 2 年生幼树生长分析

3.1.1 方差分析 结果表明, 16 个喜树地理种源的 2 年生幼树的树高生长量以 9 号种源最优, 为 152.83 cm, 根际直径生长量以 14 号种源最优, 为 2.80 cm, 冠幅生长量以 3 号种源最大, 为 117.33 cm。据造林后当年 11 月中旬检查和测定, 造林保存率和幼树树高生长量见表 1。树高生长量方差分析见表 2。从表 1 和表 2 可以看出树高生长量第 1~5 名依次为: 9 号 153.83 cm, 8 号 153.40 cm, 3 号 144.03 cm, 12 号 141.40 cm, 10 号 140.47 cm。从表 2 可见种源间 F 值 2.71, 差异极显著。

表 1 喜树 2 年生幼树树高生长及造林保存状况

Table 1 Height increment of 2-year-old *Camptotheca acuminata* and tree numbers preserved

种源号	造林株数	保存株数	保存率/%	平均高/cm	$\sum X$	$\sum X^2$	S_{n-1}
1	93	59	57.6	137.20	8 095.0	1 244 783.0	48 088
3	65	60	92.3 (3)	144.03 (3)	8 642.0	1 322 534.0	36 313
4	46	40	90.0 (4)	135.48	5 419.0	784 957.0	36 097
5	46	41	89.1 (5)	125.20	5 133.0	670 759.0	26 520
6	27	23	85.2	129.74	2 984.0	399 224.0	23 435
7	39	19	65.5	124.53	2 366.0	301 766.0	19 912
8	50	47	94.0 (2)	153.40 (2)	7 210.0	1 158 286.0	33 700
9	27	24	88.9	153.83 (1)	3 692.0	596 714.0	35 362
10	63	53	84.1	140.47 (5)	7 445.0	1 107 549.0	34 457
11	38	33	86.8	138.27	4 563.0	657 213.0	28 654
12	52	46	88.5	141.40 (4)	6 363.0	959 791.0	36 947
13	64	61	95.3 (1)	127.41	7 772.0	1 054 514.0	32 732
14	61	47	77.0	137.70	6 472.0	957 034.0	37 829
15	71	60	84.5	127.48	7 649.0	1 036 831.0	232 341
合计	742	613	82.6	136.71	83 805.0	12 251 955.0	

说明: 数值后括号内为名次; 表 5 同

3.1.2 相关性分析 对其中 14 个喜树地理种源的 2 年生幼树的根径与树高 (表 3) 和根径与树冠幅 (表 4) 进行相关分析, 以离差平方和最小和相关系数最大的作为最佳回归方程。从表 3 和表 4 中可以看出无论哪一个种源, 幼树的根径与树高以及根径与树冠幅之间的相关性极为紧密。根径与树高间相关性以 6 号种源相关系数最大, 达 0.996 6; 根径与树冠幅间相关性以 15 号种源相关系数最大, 达 0.994 2。

3.2 截干后萌芽条生长分析

3.2.1 方差分析 对 16 个喜树地理种源的 1 年生壮苗进行留床截干试验 (除 2 号和 16 号种源因冻害以外)。对 1 年生的萌芽苗的成活率、平均每株苗的萌芽条数、平均高、平均体积 (表 5) 进行统计, 并对高生长量进行方差分析 (表 6)。从试验情况来看, 并不是每株苗木截干后都能萌发不定芽。萌芽苗共 524 株, 占截干苗 756 株的 69.3%, 最优的是 10 号种源达 83.3%, 接着依次为 5 号, 12 号, 14 号和 4 号种源; 每株苗木截干后萌条平均体积, 最优的是 10 号种源, 达 $329.9 \text{ cm}^3 \cdot \text{株}^{-1}$, 接着依次为 5 号、8 号、12 号和 3 号种源。喜树地理种源间 1 年生萌芽条高生长量 F 值达 4.20, 差异极显著。

表 2 喜树地理种源 2 年生幼树树高生长量方差分析

Table 2 Variance analysis of height increment of 2-year-old *Camptotheca acuminata* trees

变异原因	平方和	自由度	均方和	F
处理间	44 184.31	13	3 398.79	2.71
处理内	750 547.16	599	1 253.00	
总数	794 731.47	612		

说明: $F_{0.05} = 1.68; F_{0.01} = 2.00$

表 3 喜树地理种源 2 年生幼树根径与树高最佳回归方程

Table 3 The best regressive equations between height and base diameter of 2-year-old *Camptotheca acuminata*

种源号	最佳回归方程	离差平方和	相关系数
1	$y = 3.844\ 642\ 857 + 53.538\ 690\ 48\ x$	474.88	0.987 9
3	$y = 1 / (0.004\ 619\ 086\ 6 + 0.031\ 637\ 355\ e^{-x})$	1 150.24	0.986 5
4	$y = 4.837\ 5 + 49.205\ 357\ 14\ x$	427.31	0.981 4
5	$y = 1 / (0.006\ 243\ 802 + 0.020\ 845\ 944\ e^{-x})$	1 105.49	0.936 4
6	$y = 198.008\ 739\ 8 - 153.313\ 788\ x$	14.39	-0.996 6
7	$y = 1 / (0.005\ 473\ 737\ 6 + 0.025\ 260\ 261\ e^{-x})$	153.81	0.981 2
8	$1/y = 0.001\ 454\ 767\ 4 + 0.012\ 815\ 974\ x$	4 226.32	0.912 2
9	$y = 1 / (0.004\ 844\ 368\ 3 + 0.024\ 112\ 22\ e^{-x})$	2 188.14	0.950 8
10	$y = 251.178\ 674\ 2 - 273.628\ 679\ x$	395.88	-0.987 8
11	$y = 1 / (0.005\ 420\ 083\ 8 + 0.025\ 461\ 712\ e^{-x})$	1 733.98	0.954 0
12	$y = 3.921\ 400\ 874\ e^{0.407\ 974\ 241x}$	1 804.00	0.979 0
13	$y = 1 / (0.005\ 810\ 195\ 9 + 0.027\ 561\ 786\ e^{-x})$	538.04	0.975 0
14	$y = 3.854\ 675\ 95\ e^{0.384\ 033\ 054x}$	139.45	0.983 1
15	$y = -6.059\ 112\ 35 + 140.435\ 184\ 1nx$	604.86	0.973 0

表 4 喜树地理种源 2 年生幼树根径与树冠幅最佳回归方程

Table 4 The best regressive equations between crown and base diameter of 2-year-old *Camptotheca acuminata* trees

种源号	最佳回归方程	离差平方和	相关系数
1	$y = 3.820\ 892\ 059\ x^{0.975\ 923\ 009}$	760.49	0.970 9
3	$y = 1 / (0.006\ 252\ 135\ 76 + 0.027\ 699\ 474\ e^{-x})$	238.34	0.986 5
4	$y = 20.245\ 833\ 33 + 32.907\ 738\ 1\ x$	332.16	0.978 0
5	$y = 1 / (0.007\ 535\ 416\ 5 + 0.037\ 743\ 894\ e^{-x})$	587.07	0.934 9
6	$y = 45.645 + 24.625\ x$	39.16	0.980 7
7	$y = 171.847\ 296\ 2 - 165.307\ 547\ x$	75.5	-0.985 3
8	$1/y = 0.001\ 049\ 469 + 0.021\ 029\ 074\ x$	976.96	0.968 8
9	$y = 1 / (0.008\ 335\ 999\ 0 + 0.028\ 898\ 61\ e^{-x})$	894.31	0.917 8
10	$y = 26.581\ 010\ 89 + 69.112\ 505\ 21\ 1nx$	67.98	0.990 7
11	$y = 38.758\ 333\ 33 + 18.208\ 333\ 33\ x$	378.72	0.924 2
12	$y = 3.776\ 753\ 493\ e^{0.272\ 642\ 292x}$	1 211.13	0.801 2
13	$y = 3.892\ 642\ 081\ x^{0.570\ 502\ 427}$	250.02	0.935 7
14	$y = 1 / (0.007\ 819\ 029\ 9 + 0.049\ 724\ 49\ e^{-x})$	24.95	0.992 3
15	$y = 3.854\ 675\ 95\ e^{0.384\ 033\ 054x}$	139.45	0.983 2

表5 喜树截干后萌芽状况

Table 5 *Camptotheca acuminata* sprouting of stump plants

种源号	截干 苗木数	萌芽率/ %	萌芽 条数	每株 条数	平均 根径/cm	平均 高度/cm	每株平均 体积/cm ³	$\sum x$	$\sum x^2$
1	16	29.6	25	1.56	1.86	157.8	223.3	3945	689209
3	36	66.7	58	1.61	1.95	184.0	294.5 (5)	10672	2077744
4	41	75.9 (5)	61	1.49	1.93	191.8	278.3	11702	2413872
5	45	83.3 (2)	75	1.67	1.89	206.0	320.1 (2)	15450	3302882
6	32	59.3	50	1.56	1.84	191.1	263.5	9555	1871719
7	40	74.1	57	1.43	1.92	193.2	266.6	11014	2261132
8	38	70.4	67	1.67	1.89	195.0	304.5 (3)	13068	2627038
9	23	42.6	36	1.56	1.70	176.1	208.6	6340	1201320
10	45	83.3 (1)	77	1.71	1.96	192.5	329.9 (1)	14823	3004565
11	40	74.1	50	1.25	1.77	182.9	186.6	9144	1737812
12	44	81.3 (3)	66	1.50	1.92	204.3	295.8 (4)	13485	2954035
13	40	74.1	59	1.48	1.84	193.0	252.5	11384	2380934
14	43	79.6 (4)	65	1.51	1.72	176.2	206.7	11451	2192365
15	41	75.9	59	1.44	1.73	165.6	186.6	9762	1770296
合计	524	69.3	805	1.54	1.86	188.6	262.2	151795	30484923

3.2.2 相关性分析 对各种源1年生萌芽条的根际直径与高生长量进行相关性分析, 选出各自的最佳回归方程(表7), 相关系数都在0.97以上, 呈紧密相关, 其中4号、9号、12号和14号种源都在0.99以上。综合分析结果表明: 10号和5号种源萌芽率、萌条高和直径生长量都名列前茅。

4 结论

16个喜树地理种源的1年生苗, 除2号和16号苗木受冻害外, 都上山造林。秋季检查结果保存率达82.6%。

第1~5名依次为13号、8号、3号、4号和5号种源。2年生幼树树高平均值136.71cm, 第1~5名依次为9号、8号、3号、12号和10号种源。根径与树高间相关性显著, 以6号种源相关系数最大, 达0.9966; 根径与树冠幅相关性显著, 以15号种源相关系数最大, 达0.9942。

表7 喜树地理种源1年生萌芽条根径与条高最佳回归方程

Table 7 The best equations between height and base diameter of annual sprouting branches

种源号	最佳回归方程	离差平方和	相关系数
1	$y = 1 / (0.0036558264 + 0.01956556e^{-x})$	2200.84	0.975242449
3	$y = 1 / (0.0034963059 + 0.01526322e^{-x})$	1330.83	0.988377372
4	$y = 134.0302506 + 99.45804723 \ln x$	199.11	0.996826175
5	$y = 168.1450170 + 71.73101373 \ln x$	566.57	0.978201680
6	$y = 127.8535714 + 36.08928774x$	307.62	0.975345662
7	$y = 137.1942211 + 99.84056572 \ln x$	866.47	0.985745676
8	$y = 254.6563970 - 101.217590x$	170.03	-0.978794850
9	$y = 4.909453068x^{0.531255708}$	391.09	0.990325009
10	$1/y = 0.0022101754 + 0.0054706674/x$	1732.51	0.985238855
11	$y = 106.0397243 + 41.75501253x$	786.32	0.970353935
12	$1/y = 0.0022239004 + 0.0044811878/x$	730.85	0.993786445
13	$y = 286.1985058 - 136.118736x$	952.88	-0.984833900
14	$y = 263.2234798 - 124.055706x$	396.58	-0.991530920
15	$1/y = 0.002629382 + 0.005411744/x$	652.47	0.984462457

表6 喜树地理种源1年生萌芽条高生长量方差分析

Table 6 Variance analysis on height increment of annual sprouting branches

变异原因	平方和	自由度	均方和	F
处理间	120095.03	13	9238.079	420**
处理内	1741570.80	791	2201.733	
总数	1861665.83	804		

说明: $F_{0.05} = 1.68, F_{0.01} = 2.00$

16 个喜树地理种源的 1 年生苗留床截干后, 除 2 号和 16 号种源外, 总平均萌芽率为 69.3%。喜树苗木截干后产生不定芽的现象还是中国首次报道。10 号种源萌发能力最强, 达 83.3%, 第 2~5 名依次为 5 号、12 号、14 号和 4 号种源。萌条体积总平均为 $262.2 \text{ cm}^3 \cdot \text{株}^{-1}$, 第 1~5 名依次为 10 号、5 号、8 号、12 号和 3 号种源。各种源的 1 年生萌芽条高生长量总平均 188.6 cm, 种源间差异极显著; 萌条的高生长量与根径间的相关性显著, 4 号种源的相关系数最大, 达 0.996 8。

参考文献:

- [1] 董锡裕, 徐莉. 喜树碱类抗癌药——又一世界性热门课题[J]. 中草药, 1996, 27(4): 243-245.
- [2] 姚建祥, 钱银才, 沈湘林, 等. 喜树地理种源苗期优势分析[J]. 浙江林学院学报, 1997, 14(2): 134-141.
- [3] 石柏林, 周国模, 许绍远, 等. 喜树不同种源苗高生长规律的初步研究[J]. 浙江林学院学报, 1999, 16(4): 353-357.

Camptotheca acuminata: the law of growth and character correlation of young trees and sprouting branches

ZHOU Guo-mo¹, LI Xian-qing¹, CHU Jia-miao², CHEN Zu-an¹, XU Shao-yuan¹

(1. Department of Resources and Environment, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. General Test Farm, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: In order to provide the scientific basis for the practice of leaf-used *Camptotheca acuminata*, two treatment methods, i.e. plantation test on hills and cutting trunk test on matted beds, were adopted for the annual sound seedling from 16 *Camptotheca acuminata* provenances. Increments of young trees and sprouting branches were measured. The test results indicated that the provenances in Changsha of Hunan, Pingnan of Fujian, Wuchang of Hubei, Lishui of Zhejiang and Lin'an of Zhejiang demonstrated a tree height increment ranking from first to fifth. The provenance in Quiyang of Quzhou had a maximum correlation coefficient between height and base diameter of young trees. The sprouting branches after cutting trunk had a total sprouting percentage of 69.3%. The provenances in Lin'an of Zhejiang had the highest sprouting percentage, followed in order by those in Kaihua of Zhejiang, Lishui of Zhejiang, Nanjing Forestry University of Jiansu and Dongzhi of Anhui. A close relation was observed between height and base diameter increment of sprouting branches.

Key words: *Camptotheca acuminata*; provenances; sapling; increment; correlation analysis