

雷公藤主要经济性状生长情况及相互关系

叶荣华¹, 斯金平², 阮秀春¹, 黄文华³, 郭宝林³, 许元科⁴

(1. 浙江省丽水市林业科学研究所, 浙江 丽水 323000; 2. 浙江林学院 天然药物研发中心, 浙江 临安 311300;
3. 中国医学科学院 药用植物研究所, 北京 100094; 4. 浙江省景宁县林业局, 浙江 景宁 323500)

摘要: 为了了解雷公藤 *Tripterygium wilfordii* 的主要经济性状生长规律, 先后测定 55 个 2 年生、62 个 3 年生雷公藤无性系植株的根系生物量、枝条鲜质量、枝条条数、主要枝条粗度与长度、主要根系条数及粗度与长度, 并分析主要经济性状之间的相互关系。结果表明: 雷公藤生物量地上部分与地下部分比为 1.0:1.7~2.0; 随着栽培年限的增加, 根系生长进一步分化, 主要根系数量明显减少; 雷公藤全根鲜质量与枝条鲜质量、植株枝条数、最粗枝条粗度、最长枝条长度、主要根系条数、最粗根的粗度、最长根之间均存在显著的相关性; 从通径分析结果来看, 枝条鲜质量对地下根鲜质量具最大的正效应, 分枝数的影响效应次之。雷公藤人工栽培药材产量可达到总生物量的 62.9% 以上; 植株生长旺盛、枝条生物量大根系生物量也大, 利用雷公藤枝条鲜质量预测根系生物量具有很好的可靠性; 在良种选育工作中, 枝条鲜质量、植株枝条数是主要考虑因素。表 4 参 12

关键词: 植物学; 雷公藤; 经济性状; 根系生物量; 生长规律; 相关性

中图分类号: S718.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-5692(2009)02-0215-05

Growth and yield traits of *Tripterygium wilfordii*

YE Rong-hua¹, SI Jin-ping², RUAN Xiu-chun¹, HUANG Wen-hua³, GUO Bao-lin³, XU Yuan-ke⁴

(1. Institute of Forestry Sciences of Lishui City, Lishui 323000, Zhejiang, China; 2. Centre for Research and Development of Natural Medicines, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. China Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100094, China; 4. Forest Enterprise of Jingning County, Jingning 323500, Zhejiang, China)

Abstract: Growth and yield traits of *Tripterygium wilfordii*, used for the traditional Chinese medicine: Radix et Rhizoma Tripterygii, were studied to provide a theoretical basis for improved growing stock and resource utilization. The 55 2-year-old seedlings and 62 3-year-old seedlings were measured. A correlation analysis was used to determine the relationship between whole root yield and 1) root system biomass; 2) branch fresh weight; 3) branch number; 4) main branch thickness and length; and 5) number, thickness, and length of the main root system. Results showed that the biomass ratio of the aerial to the underground parts was 1.0 : 1.7 ~ 2.0. However, with increased plantings, the number of main roots decreased. Strong correlations ($P < 0.01$) were noted between fresh weight of the whole root and branch fresh weight ($r_2 = 0.854\ 5$, $r_3 = 0.869\ 2$. The subscript 2 means 2-year-old seedlings, and 3 means 3-year-old seedlings, same as below), branch number ($r_2 = 0.691\ 5$, $r_3 = 0.489\ 9$), branch thickness ($r_2 = 0.504\ 4$, $r_3 = 0.358\ 5$), branch length ($r_2 = 0.509\ 7$, $r_3 = 0.444\ 8$), number of main root systems ($r_2 = 0.686\ 5$, $r_3 = 0.444\ 2$), thickness of the thickest root ($r_2 = 0.614\ 7$, $r_3 = 0.383\ 7$), and length of the longest root ($r_2 = 0.571\ 0$, $r_3 = 0.631\ 1$). Thus, for *T. wilfordii*, since branch fresh weight followed by branch number had

收稿日期: 2008-05-05; 修回日期: 2008-08-29

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y205031); 浙江省重大科技计划项目(2007C12022)

作者简介: 叶荣华, 从事林业种苗繁育研究。E-mail: yerh@lishui.gov.cn。通信作者: 斯金平, 教授, 从事中药材资源栽培技术研究。E-mail: lssjp@163.com

the most positive influence on fresh weight of the underground root, they could be used to forecast biomass of the root system. When selecting the best planting stock, the main factor to consider would be the fresh weight and number of branches, as well as the thickness of the thickest root and the length of the longest root. [Ch, 4 tab. 12 ref.]

Key words: botany; *Tripterygium wilfordii*; production trait; root system biomass; growth law; correlation

雷公藤 *Tripterygium wilfordii* 是现有雷公藤制剂的正品药源^[1-8], 与昆明山海棠 *T. hypoglaucum* 以及新类型雷公藤 F 比较, 在雷公藤主产区浙江等低海拔地区栽培成活率高, 植株萌蘖能力强, 栽后生长势好, 而且雷公藤甲素含量高又相对稳定, 特别是药用部位的根系生物量大, 是浙江及周边地区今后人工栽培的主栽类型^[9-12]。为此, 笔者对雷公藤植物根、枝条等部位的主要经济性状在人工培育下的生长情况及相互关系进行了系统研究, 为雷公藤高效栽培及进一步良种选育奠定基础。

1 研究方法

1.1 雷公藤种质资源

试验用的雷公藤种质包括浙江莲都、缙云、云和、青田、松阳、鄞州、新昌、义乌、武义、平阳、乐清和湖北通城等种源, 经作者鉴定为雷公藤, 凭证标本保存于中国医学科学院药用植物研究所标本馆(IMD)。这些种源通常分布在海拔 500 m 以下。形态特点为: 叶片较小, 叶背无白粉, 叶面起皱不平; 1 年生枝条红棕色; 枝较细, 髓心小, 皮孔细密。2002 年 10 月至 2003 年 2 月采集枝条, 2003 年 2 月统一在浙江省丽水市林业科学研究所内(28°25'N, 119°50'E)育苗。

1.2 栽培地环境条件

栽培地位于丽水市林业科学研究所百果园试验基地, 海拔为 150 m, 砂质红壤山地, 年平均气温为 18.3 ℃, 极端高温达 42.3 ℃, 极端低温-7.9 ℃, 年有效积温 5 600 ℃; 平均年日照 1 800 h; 无霜期 250 d 左右; 年平均降水量 1 700 mm 左右。2004 年 2 月开挖水平种植带后种植, 株行距为 1.2 m × 1.2 m。

1.3 雷公藤植物根(药材)及枝条等主要经济性状的测定与分析

2005 年 11 月 21 - 26 日、2007 年 2 月 7 - 10 日分别对 55 个无性系 2 年生后代 55 个植株、62 个无性系 3 年生后代 62 个植株根系及枝条等主要经济性状进行系统调查, 先剪取地上部分, 称量枝条鲜质量, 数每个丛生植株萌发枝条数, 测定最粗枝条粗度和最长枝条长度, 然后挖出完整的根系实测全根鲜质量, 并数主要根系条数, 测定最粗根的粗度、最长根的长度。其中根鲜质量与枝条鲜质量用电子秤测定, 精确到 1 g; 根与枝条长度用皮尺测量, 精确到 1 cm; 根与枝条粗度用油标卡尺测量, 精确到 0.1 mm。

分别对 2 年生与 3 年生植株各性状进行比较分析, 并计算性状间的简单相关, 并在此基础上进行逐步回归和通径分析。所有统计分析运用 DPS 软件完成。

2 结果与分析

2.1 雷公藤主要经济性状生长情况

通过对 55 株 2 年生雷公藤和 62 株 3 年生雷公藤主要经济性状系统研究, 实验结果详见表 1。

从表 1 可见, 2 年生雷公藤地上部分与地下部分平均生物量比为 1.0 : 2.0, 3 年生雷公藤地上部分与地下部分平均生物量比为 1.0 : 1.7, 对于以根系为主要栽培目的产物的雷公藤, 人工栽培具有较好的收获量; 随着栽培年限的增加, 根系生长进一步分化, 一些根系生长进一步得到加强, 粗生长明显加快, 成为栽培的主要目的产物, 另一些根系生长将逐渐停滞并退化; 枝条的长度随着栽培年限的增加迅速增加, 而主要根系的长度 2 年生与 3 年生比较差异不大, 主要枝条的粗度 2 年生与 3 年生比较差异也不大。

表 1 雷公藤药材主要经济性状生长情况

Table 1 The growth of the main production traits of *Tripterygium wilfordii*

栽培年限/a	样本数/株	变幅	全根鲜质量/g	枝条鲜质量/g	分枝数/条	最长枝/cm	最粗枝/mm	根数/条	最粗根/mm	最长根/cm
2	55	平均值	1 303	652	11	183	11.5	18	12.1	96
		最大值	2 935	1 625	34	320	19.2	40	20.8	150
		最小值	135	100	4	115	7.4	4	7.4	43
3	62	平均值	1 506	896	14	238	12.0	10	16.9	95
		最大值	2 965	2 210	38	350	18.9	32	34.0	150
		最小值	425	180	4	130	7.5	4	9.5	60

2.2 雷公藤主要经济性状之间的关系

将 55 株 2 年生、62 株 3 年生无性系后代全根鲜质量、枝条鲜质量、植株枝条数、最粗枝条粗度、最长枝条长度、主要根系条数、最粗根粗度和最长根长度之间的相关分析结果列于表 2 中。

表 2 雷公藤主要经济性状之间的相关系数表

Table 2 The correlation coefficients among the main traits of *Tripterygium wilfordii*

生产性状	全根鲜质量	枝条鲜质量	分枝数	最长枝长度	最粗枝粗度	主要根系条数	最粗根粗度	最长根长度
全根鲜质量		0.854 5**	0.691 5**	0.509 7**	0.500 4**	0.686 5**	0.614 7**	0.571 0**
枝条鲜质量	0.869 2**		0.627 5**	0.577 1**	0.583 7**	0.635 7**	0.548 5**	0.441 7**
分枝数	0.489 9**	0.357 4**		0.193 0	0.138 3	0.493 8**	0.245 5	0.190 1
最长枝长度	0.444 8**	0.553 9**	0.057 1		0.321 0*	0.341 9**	0.372 4**	0.416 0**
最粗枝粗度	0.358 5**	0.508 5**	- 0.143 9	0.422 2**		0.278 2*	0.403 2**	0.340 6**
主要根系条数	0.444 2**	0.419 0**	0.534 8**	0.215 6	0.127 9		0.260 5	0.334 0*
最粗根粗度	0.383 7**	0.369 3**	- 0.027 0	0.190 6	0.391 0**	- 0.143 0		0.458 5**
最长根长度	0.631 1**	0.625 1**	0.259 2	0.379 1**	0.145 6	0.284 9*	0.161 5	

说明：上三角为 2 年生雷公藤相关系数， $R_{001}(54) = 0.339\ 5$ ， $R_{005}(54) = 0.261\ 6$ ；下三角为 3 年生雷公藤相关系数， $R_{001}(61) = 0.320\ 2$ ， $R_{005}(61) = 0.246\ 4$ 。

从表 2 可见，雷公藤全根鲜质量与枝条鲜质量、分枝数、最粗枝粗度、最长枝长度、主要根系条数、最粗根粗度和最长根长度之间均存在显著的相关性。枝条生物量大则根系生物量也大；植株分枝多、枝条越长、主要枝条粗，其根系生物量也大；根系条数多、粗、长，其生物量也大。结果表明，雷公藤植株地上部分生长优良是地下部分获得高产的基础，其中枝条生物量与全根鲜质量相关关系最大，在一定的条件下可以利用雷公藤枝条生物量预测根系生物量。

分别对 55 株 2 年生、62 株 3 年生无性系后代枝条鲜质量(x_1)、分枝数(x_2)、最粗枝条粗度(x_3)和最长枝条长度(x_4)与根鲜质量(y)进行单因素逐步回归分析，得回归方程 1 和回归方程 2：

$$y = -258.846\ 525 + 0.799\ 041\ 741\ x_1 + 33.373\ 423\ x_2 + 33.133\ 658\ x_3 + 1.631\ 149\ x_4. \quad (1)$$

$$y = 400.428\ 386 + 0.977\ 310\ x_1 + 16.839\ 258\ x_2. \quad (2)$$

进一步的偏相关系数显著性检验结果见表 3。由表 3 可知，2 年生和 3 年生雷公藤无性系的枝条鲜质量(x_1)、分枝数(x_2)对地下根鲜质量的影响都达到了极显著水平。

逐步回归分析表明，雷公藤地下根鲜质量与地上部分性状之间有一定的关系，但是这种分析不能确定各自变量对因变量相对作用的大小，也不能确定由于自变量之间的相关而产生的自变量对因变量的间接相关。因此，在逐步回归分析的基础上又进行了通径分析，结果见表 4。从直接通径系数来看，枝条鲜质量对地下根鲜质量具最大的正效应，2 年生和 3 年生无性系相关数据分析结果分别为

表 3 偏相关系数的显著性检验

Table 3 The significance test of partial correlation coefficients

回归方程	因 素	偏相关系数	<i>t</i> 检验值	<i>P</i> 值
回归方程(1)	$r(y, x_1)$	0.479 1	3.859 7	0.000 3
	$r(y, x_2)$	0.444 9	3.513 1	0.000 9
	$r(y, x_3)$	0.190 7	1.373 8	0.175 5
	$r(y, x_4)$	0.184 8	1.329 4	0.189 6
回归方程(2)	$r(y, x_1)$	0.852 5	12.528 8	0.000 0
	$r(y, x_2)$	0.388 2	3.235 8	0.002 0

0.510 8 和 0.795 8, 分枝数的影响效应次之。从间接通径系数来看, 最粗枝条粗度和最长枝条长度的增加主要是通过枝条鲜质量的增大而对地下根鲜质量产生正影响, 两者的间接通径系数分别是 0.298 1 和 0.294 8。可见, 在良种选育工作中, 只要抓住枝条鲜质量这个主因素, 最粗枝条粗度和最长枝条长度 2 个性状就会被顾及。

表 4 雷公藤地上部分性状与地下根鲜质量的通径分析结果

Table 4 The path analysis between the trait of aerial part and the fresh weight of underground part of *Tripterygium wilfordii*

无性系	性 状	直接通径系数	间接通径系数			
			x_1	x_2	x_3	x_4
2 年生	x_1	0.510 8		0.2088	0.070 2	0.064 6
无性系	x_2	0.332 8	0.320 5		0.016 6	0.021 6
	x_3	0.120 3	0.298 1	0.046 0		0.036 0
	x_4	0.112 0	0.294 8	0.064 2	0.038 6	
3 年生	x_1	0.795 8		0.073 5		
无性系	x_2	0.205 5	0.284 4			

3 结论与讨论

雷公藤生物量地上部分与地下部分比为 1.0 : 1.7 ~ 2.0, 对于以根系为主要栽培目的产物的雷公藤, 人工栽培将具有较好的收获量。随着栽培年限的增加, 根系生长进一步分化, 一些根系生长进一步加强, 粗生长明显加快, 成为栽培的主要目的产物, 另一些根系生长将逐渐停滞并退化; 枝条的长度随着栽培年限的增加迅速增加, 而主要根系的长度 2 年生与 3 年生比较差异不大, 主要枝条的粗度 2 年生与 3 年生比较差异也不大。

雷公藤全根鲜质量与枝条鲜质量、植株枝条数、最粗枝条粗度、最长枝条长度、主要根系条数、最粗根的粗度和最长根之间均存在显著的相关性, 植株生长旺盛, 枝条生物量大根系生物量也大。但从通径分析结果来看, 枝条鲜质量对地下根鲜质量具最大的正效应, 分枝数的影响效应次之; 最粗枝条粗度和最长枝条长度的增加导致了枝条鲜质量的增大而对地下根鲜质量产生正影响。在良种选育工作中, 只要抓住枝条鲜质量这个主因素, 最粗枝条粗度和最长枝条长度 2 个性状就会被顾及。

鉴于目前雷公藤栽培的主要目的产物是根部, 而根系的测定相当困难, 一是根系挖掘工作量非常大, 二是根系一旦挖掘生长必然受到影响, 建立全根鲜重与枝条鲜质量、植株枝条数之间的相关关系预测根系生物量, 具有较好的可靠性, 并在良种选育、产量预测等方面具有较大的应用价值。

参考文献:

[1] 城静容, 马金双, 黄普华. 中国植物志: 第 45 卷 3 分册被子植物双子叶植物纲[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 178.
[2] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴: 第 2 册[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 686.

- [3] 郑家润, 冯恺, 顾克显, 等. 雷公藤抗炎免疫及抗生育活性成分的筛选(V)7 个环氧二萜内酯化合物体外对 T、B 淋巴细胞增殖的影响[J]. 中国医学科学院学报, 1994, **16** (1): 24 – 28.
ZHENG Jiarun, FENG Kai, GU Kexian, *et al.* Screening of anti-inflammatory, immunosuppressive and antifertility components of *Tripterygium wilfordii* (V) effects of 7 diterpene lactone epoxide compounds on the proliferation of T and B lymphocytes in vitro[J]. *Acta Acad Med Sin*, 1994, **16** (1): 24 – 28.
- [4] 杨峻, 许静亚, 李东真, 等. 雷酚内酯的抗炎免疫药理作用[J]. 中草药, 1995, **26** (1): 24 – 27.
YANG Jun, XU Jingya, LI Dongzhen, *et al.* Studies on antiinflammatory and immune effects of triptophenolide[J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 1995, **26** (1): 24 – 27.
- [5] 顾克显, 郑家润, 高纪伟, 等. 雷醇内酯的抗炎作用[J]. 中国药理学通报, 1994, **10** (1): 54 – 57.
GU Kexian, ZHENG Jiarun, GAO Jiwei, *et al.* The antiinflammatory of triptolidenol activities[J]. *Chin Pharmacol Bull*, 1994, **10** (1): 54 – 57.
- [6] YANG Huanjie, CHEN Di, CUI Qiuzhi, *et al.* Celastrol, a triterpene extracted from the Chinese thunder of god vine is a potent proteasome inhibitor and suppresses human prostate cancer growth in nude mice [J]. *Cancer Res*, 2006, **66** (9): 4758 – 4765.
- [7] 斯金平, 阮秀春, 郭宝林, 等. 雷公藤资源现状及可持续利用的研究[J]. 中药材, 2005, **28** (1): 10 – 11.
SI Jinping, RUAN Xiuchun, GOU Baolin, *et al.* Study on the present situation and sustainable utilization of *Tripterygium* resource[J]. *J Chin Med Mater*, 2005, **28** (1): 10 – 11.
- [8] 斯金平, 阮秀春, 郭宝林, 等. 雷公藤和昆明山海棠形态变异的研究[J]. 浙江林业科技, 2005, **25** (1): 1 – 4.
SI Jinping, RUAN Xiuchun, GOU Baolin, *et al.* Study on morphological change of *Tripterygium wilfordii* and *T. hypoglaucum* [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2005, **25** (1): 1 – 4.
- [9] 阮秀春, 斯金平, 吴健, 等. 雷公藤属植物生物学特性与生态适应性的初步研究[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (5): 595 – 598.
RUAN Xiuchun, SI Jinping, WU Jian, *et al.* Preliminary study on biological characteristics and ecological adaptability of *Tripterygium*[J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (5): 595 – 598.
- [10] 黄文华, 郭宝林, 斯金平, 等. 雷公藤属 3 种植物不同群体和个体雷公藤甲素的研究[J]. 中草药, 2005, **36** (7): 1065 – 1068.
HUANG Wenhua, GUO Baolin, SI Jinping, *et al.* Triptolide in different populations and individuals of three species of *Tripterygium* Hook.f.[J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2005, **36** (7): 1065 – 1068.
- [11] 斯金平, 黄文华, 郭宝林, 等. 雷公藤药材中雷公藤甲素变异规律[J]. 中国中药杂志, 2006, **31** (24): 2026 – 2030.
SI Jinping, HUANG Wenhua, GUO Baolin, *et al.* Study on content variation of triptolide in medicinal material of *Tripterygium*[J]. *China J Chin Mater Med*, 2006, **31** (24): 2026 – 2030.
- [12] 许元科, 斯金平, 阮秀春, 等. 雷公藤种质对药材产量的影响[J]. 浙江林业科技, 2007, **27** (5): 1 – 4.
XU Yuanke, SI Jinping, RUAN Xiuchun, *et al.* Root yield of different germplasm of *Tripterygium*[J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2007, **27** (5): 1 – 4.