

## 杉木林分郁闭度对林下黄花倒水莲 生长及皂苷含量的影响

王邦富

(福建三明林业学校,福建 三明 365001)

**摘要:**在杉木人工中龄纯林的林冠下,设计5个林分郁闭度(0.1—0.2,0.2—0.4,0.4—0.6,0.6—0.8,0.8—0.9),进行2年生黄花倒水莲苗套种试验,3 a后比较其生长及其根茎远志皂苷的含量。结果表明,不同郁闭度林冠下套种的黄花倒水莲,生长量及根茎远志皂苷含量均以郁闭度0.4—0.6的林分为最高,黄花倒水莲植株平均保存率为85.5%,平均地径达2.15 cm,平均株高达123.0 cm,平均冠幅达92.7 cm,平均根茎总质量(干质量)达99.28 kg/m<sup>2</sup>,根茎中远志皂苷平均含量达1 939.12 mg/kg;郁闭度为0.2—0.4的上述各项指标值次之,低郁闭度(0.1—0.2)及较高郁闭度(0.6—0.9)的各项指标值均显著降低。认为选择郁闭度为0.4—0.6的杉木人工纯林林分套种黄花倒水莲,生长量及根茎药材产量与质量较高。

**关键词:**黄花倒水莲;杉木;林下经济;郁闭度;生长量;远志皂苷

**中图分类号:**S344.3;S567.1<sup>+</sup>9;S791.27 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2021.04.005

## Influence of canopy density of Chinese fir stand on the undergrowth and polygalacin content of *Polygala fallax*

Wang Bangfu

(Fujian Sanming Forestry School, Sanming 365001, China)

**Abstract:** After planting 2-year-old seedlings of *Polygala fallax* Hemsl. under the canopy of middle-aged pure Chinese fir plantation, 5 canopy densities (0.1—0.2, 0.2—0.4, 0.4—0.6, 0.6—0.8 and 0.8—0.9) were designed to compare their undergrowth and polygalacin content. The results showed that 3 years later, both the growth and rhizome polygalacin content were the highest at the canopy density of 0.4—0.6, that was, the average preservation rate of plants reached 85.5%, average ground diameter reached 2.15 cm, average height reached 123.0 cm, average crown width reached 92.7 cm, and average total rhizome weight (dry weight) reached 99.28 kg/m<sup>2</sup> with average rhizome polygalacin content of 1 939.12 mg/kg. The above-mentioned indexes followed at the canopy density of 0.2—0.4. All the indexes decreased significantly at low canopy density as 0.1—0.2 or high canopy density as 0.6—0.9. Therefore, the canopy density ranged from 0.4 to 0.6, could be preferent when growing *P. fallax* Hemsl. under Chinese fir pure plantation as high growth, yield and quality of medicinal materials from rhizomes could be achieved.

**Key words:** *Polygala fallax* Hemsl.; Chinese fir; Non-timber forest-based economy; Canopy density; Growth; Polygalacin

黄花倒水莲(*Polygala fallax* Hemsl.)又名黄花远志,倒吊黄,黄花参等,为远志科远志属半落叶小灌木。黄花倒水莲根茎入药,主要有效成分为远志皂苷、黄酮、多糖等,具有滋补筋骨、活血化瘀、降血脂、抗炎、抗氧化、抗病毒、祛风除湿等功效<sup>[1-7]</sup>;目

前,国内在黄花倒水莲林下套种的试验研究方面已有相关报道<sup>[8-22]</sup>,而林分郁闭度对黄花倒水莲生长影响的试验研究仅见张海龙的报道。该报道分析了杉阔混交林下套种黄花倒水莲的生长效果,但该研究采用的黄花倒水莲苗为1年生小苗,仅对杉阔

收稿日期:2021-06-04;修回日期:2021-06-25

**基金项目:**福建省科学技术厅科研项目“黄花倒水莲种苗繁育及规范化栽培关键技术研究”(2016N0010);福建省林业局推广项目“黄花倒水莲林下高效栽培技术推广与示范”(闽林推[2016]ST14号)

**作者简介:**王邦富(1969—),男,福建宁化人,高级工程师。主要从事森林培育、中草药栽培技术研究。E-mail:927669311@qq.com。

混交林下套种的当年生黄花倒水莲生长效果进行分析,未达到适宜的收获期,自然未涉及收获期的生物量<sup>[8]</sup>;由于杉阔混交林的阔叶树种复杂多样,林分的垂直结构及水平结构参差不齐,林分郁闭度难以通过人为措施进行调整,无法达到黄花倒水莲生长的适宜林分环境;此外,还出现过黄花倒水莲杉木林下的套种密度及2者相互促进生长的相关研究。上述研究均未对杉木人工纯林的中龄林不同林分郁闭度套种黄花倒水莲生长及根茎远志皂苷含量进行试验比较。杉木人工纯林林分结构简单,林分郁闭度可以通过抚育间伐及修枝等技术措施进行调整,能达到黄花倒水莲生长的适宜林分环境。本文研究了不同林分郁闭度对套种黄花倒水莲的生长及其根茎远志皂苷含量的影响,旨在为黄花倒水莲林下套种的适宜林分郁闭度选择提供技术参考。

## 1 试验地概况

试验地选择福建省三明市三元区楼源国有林场仕坑山场,地理位置为东经117°42′81″—117°42′87″,北纬26°15′59″—26°15′63″;海拔132—368 m;坡度19—24°,坡向东南;土壤为山地红壤,立地质量等级Ⅲ级。试验区年平均温度18—21℃,极端高温37℃,极端低温-5℃,年均降水量1700—1900 mm,无霜期312—345 d,属中亚热带季风气候;试验区的地理环境及气候条件适宜黄花倒水莲等药用植物生长<sup>[7-22]</sup>。试验林面积10.2 hm<sup>2</sup>,林龄12 a,为杉木人工纯林中龄林。试验林于种植前采用间伐杉木并进行修枝调整林分郁闭度,未间伐前林分郁闭度为0.9,杉木密度为2850株/hm<sup>2</sup>,平均胸径12.6 cm,平均树高7.3 m,平均枝下高2.1 m;间伐修枝后,保留木平均枝下高为3.2 m,郁闭度0.1—0.2,保留杉木密度480株/hm<sup>2</sup>,郁闭度0.2—0.4,保留杉木密度960株/hm<sup>2</sup>,郁闭度0.4—0.6,保留杉木密度1560株/hm<sup>2</sup>,郁闭度0.6—0.8,保留杉木密度2220株/hm<sup>2</sup>,郁闭度0.8—0.9,保留杉木密度2700株/hm<sup>2</sup>。

## 2 试验方法

### 2.1 试验材料

采用黄花倒水莲2年生苗木,平均苗高41.6 cm,平均地径0.47 cm,根系完整无病虫害。

### 2.2 试验设计

选择相同立地因子地段作为试验地,于种植前通过对试验林进行间伐及修枝调整林分郁闭度,试验设计5个林分郁闭度0.1—0.2,0.2—0.4,0.4—0.6,0.6—0.8,0.8—0.9,对黄花倒水莲生长效果进行比较。各试验处理采用完全随机设计,样地20 m×20 m,在半阳坡的上坡、中坡、下坡各重复设置3个。

黄花倒水莲栽培管理技术措施:于2015年秋冬季节进行林地清理及整地,沿等高线挖规格(长×宽×深)为40 cm×40 cm×30 cm的种植穴,初植密度13950株/hm<sup>2</sup>;于2016年2月中旬栽植,栽后每年生长季节4—10月进行扩穴松土,锄草3次,并结合锄草施肥1次,施复合肥25—30 g/株。

### 2.3 调查方法及统计分析

于2018年11月中旬,在不同坡位按试验设计布设的每个样地内均匀设置9个2 m×2 m的小样方,调查小样方内的黄花倒水莲保存率、地径、高度、冠幅;并以样方内黄花倒水莲的平均地径、平均高为参照标准,在样地内随机挖取标准株30株(误差±5%),测定根茎鲜质量,洗净根茎在80℃的烘箱中烘干至恒质量,测定根茎干质量;并将烘干根茎委托“青岛亿信检测技术服务有限公司”采用“高效液相色谱法”对根茎远志皂苷含量进行检测。试验数据采用DPSv 9.50版统计软件进行统计分析 with 多重比较检验。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同郁闭度杉木林对黄花倒水莲保存率的影响

杉木林的郁闭度在0.2—0.4,0.4—0.6的范围内,黄花倒水莲植株平均保存率分别达84.1%,85.5%;较低的郁闭度(0.1—0.2)和较高的郁闭度(0.6—0.8)的平均保存率均较低,分别为65.0%,66.3%;郁闭度0.8—0.9的平均保存率最低,仅为21.3%(见表1)。不同郁闭度杉木林下的黄花倒水莲保存率经分析检验及多重比较,郁闭度0.2—0.4与0.4—0.6之间,0.1—0.2与0.6—0.8之间无显著差异,但郁闭度0.2—0.4,0.4—0.6均与0.1—0.2,0.6—0.8之间具有极显著差异( $P \leq 0.01$ ),郁闭度0.1—0.2,0.2—0.4,0.4—0.6,0.6—0.8均与郁闭度0.8—0.9之间具有极显著差异( $P \leq 0.01$ )。

表 1 不同郁闭度杉木林下黄花倒水莲的生长量、根茎总质量及远志皂苷含量多重比较

郁闭度	平均保存率 /%	平均地径 /cm	平均高 /cm	平均冠幅 /cm	根茎平均总质量 (干质量)/(kg/400 m <sup>2</sup> )	根茎远志皂苷 平均含量/(mg/kg)
0.1—0.2	65.0±2.81 bB	1.21±0.02 dD	81.9±0.33 cC	70.5±1.87 bB	30.36±1.33 cB	1 260.43±10.51 dD
0.2—0.4	84.1±0.48 aA	1.80±0.01 bB	119.9±1.52 aA	90.4±1.57 aA	38.67±0.87 aA	1 775.06±53.79 bB
0.4—0.6	85.5±0.71 aA	2.15±0.02 aA	123.0±0.73 aA	92.7±2.01 aA	39.71±0.97 aA	1 939.12±16.16 aA
0.6—0.8	66.3±3.01 bB	1.33±0.05 cC	100.8±0.27 bB	74.5±2.35 bB	31.71±1.11 bB	1 401.62±20.53 cC
0.8—0.9	21.3±3.14 cC	0.85±0.02 eE	76.9±1.74 dD	52.0±1.31 cC	22.09±1.48 dC	1 027.73±8.56 eE

注:应用 LSD 法对不同郁闭度各处理的黄花倒水莲的生长量、根茎总质量及远志皂苷含量等指标进行多重比较,同列中的不同小写字母表示差异达到显著水平( $P\leq 0.05$ ),不同大写字母表示差异达到极显著水平( $P\leq 0.01$ ),相同字母表示无显著差异

3.2 不同郁闭度杉木林对黄花倒水莲地径生长的影响

经调查,郁闭度在 0.2—0.4,0.4—0.6 范围内的杉木林下,黄花倒水莲地径生长量均较高,平均地径分别达 1.80,2.15 cm;较低的郁闭度(0.1—0.2)和较高的郁闭度(0.6—0.8)的平均地径均较低,分别为 1.21,1.33 cm;郁闭度 0.8—0.9 的平均地径最低,仅为 0.85 cm(见表 1)。经分析检验及多重比较,5 个不同郁闭度之间的黄花倒水莲地径生长量指标均具有极显著差异( $P\leq 0.01$ )。

3.3 不同郁闭度杉木林对黄花倒水莲高生长的影响

经调查,郁闭度在 0.2—0.4,0.4—0.6 范围内的杉木林下,黄花倒水莲高生长量均较大,平均分别达 119.9,123.0 cm;较低的郁闭度(0.1—0.2)和较高的郁闭度(0.6—0.8)的平均高均较低,分别为 81.9,100.8 cm;郁闭度 0.8—0.9 的平均高最小,仅为 76.9 cm(见表 1)。经分析检验及多重比较,郁闭度 0.2—0.4,0.4—0.6 之间的高生长量指标无显著差异,但均与郁闭度 0.1—0.2,0.6—0.8,0.8—0.9 之间的高生长量指标具有极显著差异( $P\leq 0.01$ ),且郁闭度 0.1—0.2,0.6—0.8,0.8—0.9 之间具有极显著差异( $P\leq 0.01$ )。

3.4 不同郁闭度杉木林对黄花倒水莲冠幅生长的影响

经调查,郁闭度在 0.2—0.4,0.4—0.6 范围内的杉木林下,黄花倒水莲冠幅生长量均较高,平均冠幅分别达 90.4,92.7 cm;较低的郁闭度(0.1—0.2)和较高的郁闭度(0.6—0.8)的平均冠幅生长量均较低,分别为 70.5,74.5 cm;郁闭度 0.8—0.9 的平均冠幅生长量最低,仅为 52.0 cm(见表 1)。经分析检验及多重比较,郁闭度 0.2—0.4 与 0.4—0.6 之间,0.1—0.2 与 0.6—0.8 之间的黄花倒水莲冠幅生长量指标无显著差异,但郁闭度 0.2—0.4,

0.4—0.6 均与 0.1—0.2,0.6—0.8 之间具有极显著差异( $P\leq 0.01$ ),而郁闭度 0.1—0.2,0.2—0.4,0.4—0.6,0.6—0.8 均与郁闭度 0.8—0.9 的黄花倒水莲冠幅生长量指标之间存在极显著差异( $P\leq 0.01$ )。

3.5 不同郁闭度杉木林对黄花倒水莲根茎总质量的影响

经调查,郁闭度在 0.2—0.4,0.4—0.6 范围内的杉木林下,400 m<sup>2</sup>黄花倒水莲根茎质量均较高,平均根茎总干质量分别达 38.67,39.71 kg/;较低的郁闭度(0.1—0.2)和较高的郁闭度(0.6—0.8)杉木林下,400 m<sup>2</sup>黄花倒水莲平均根茎总质量(干质量)均较低,分别为 30.36,31.71 kg;郁闭度 0.8—0.9 的杉木林下,400 m<sup>2</sup>的黄花倒水莲平均根茎总干质量最低,仅为 22.09 kg(见表 1)。经分析检验及多重比较,郁闭度 0.2—0.4 与 0.4—0.6 之间杉木林下,黄花倒水莲根茎总质量指标无显著差异,但郁闭度 0.2—0.4,0.4—0.6 均与 0.1—0.2,0.6—0.8,0.8—0.9 之间杉木林下,黄花倒水莲根茎总质量指标具有极显著差异( $P\leq 0.01$ ),郁闭度为 0.1—0.2 与 0.6—0.8 之间杉木林下,黄花倒水莲根茎总质量指标存在显著差异( $P\leq 0.05$ ),但郁闭度 0.1—0.2,0.6—0.8 均与郁闭度 0.8—0.9 之间的杉木林下,黄花倒水莲根茎总质量指标具有极显著差异( $P\leq 0.01$ )。

3.6 不同郁闭度杉木林对黄花倒水莲根茎远志皂苷含量的影响

郁闭度以 0.4—0.6 的杉木林下,黄花倒水莲根茎远志皂苷平均含量最高,达 1 939.12 mg/kg;0.2—0.4,0.6—0.8 郁闭度杉木林下,黄花倒水莲根茎远志皂苷平均含量次之,分别为 1 775.06,1 401.62 mg/kg;郁闭度 0.1—0.2,0.8—0.9 杉木林下的黄花倒水莲根茎远志皂苷平均含量均较低,分别为 1 260.43,1 027.73 mg/kg(见表 1)。经分析检



验及多重比较,5个不同郁闭度之间的林下黄花倒水莲根茎远志皂苷含量均具有极显著差异( $P \leq 0.01$ )。

## 4 结论与讨论

黄花倒水莲在低郁闭度(0.1—0.2)的杉木林下套种时,因林下白天光照太强,特别是夏、秋高温季节,黄花倒水莲叶片受到灼伤并提早落叶,保存率降低,长势不良;加之较强的光照容易引起林地杂灌、杂草滋生,与黄花倒水莲争夺水分和营养空间,导致黄花倒水莲生长量及根茎药材产量质量降低,这与张海龙<sup>[8]</sup>的研究结果差异较大。黄花倒水莲在高郁闭度0.8—0.9的杉木林下套种时,虽然林下环境阴凉湿润,与黄花倒水莲争夺水分和营养空间的杂灌、杂草较少,但因过于荫蔽,影响光合作用及营养物质的积累,导致黄花倒水莲生长不良,保存率降低;这与张海龙<sup>[8]</sup>的研究结果一致。黄花倒水莲在郁闭度0.2—0.4的杉木林下套种时,长势良好,生长量开始逐渐提高,在郁闭度0.4—0.6杉木林下其生长量、根茎总质量及远志皂苷含量达到最大值,这与林贤山<sup>[23]</sup>对南方红豆杉幼树在杉木林冠下不同郁闭度生长影响的研究结果较为相似;在郁闭度达到0.6以后,其生长量开始逐渐下降,这与张海龙<sup>[8]</sup>的研究结果一致。

黄花倒水莲虽属较耐荫植物,但在林下生长仍需要一定的光照条件<sup>[1,7-22]</sup>;李双喜等<sup>[24]</sup>的研究认为,林下光资源条件会影响下层植物的生长。因此,在林冠下套种黄花倒水莲,林分郁闭度是影响黄花倒水莲生长及根茎药材产量质量的主要因子之一,如何选择适宜郁闭度的林分或通过人为措施对林分郁闭度进行调整,提高黄花倒水莲的生长量及根茎药材产量质量,是黄花倒水莲林下套种需要解决的关键技术之一。

本研究的不同郁闭度杉木林分套种的黄花倒水莲各项指标值经分析比较,中等郁闭度(0.2—0.6)杉木林下黄花倒水莲植株保存率、地径、高度、冠幅生长量、根茎质量及远志皂苷含量均与低郁闭度(0.1—0.2)及较高郁闭度(0.6—0.9)之间具有极显著差异( $P \leq 0.01$ ),说明杉木人工纯林套种黄花倒水莲时,选择郁闭度0.4—0.6的林分,可以提高黄花倒水莲的生长量及根茎药材产量与质量。

## 参考文献:

- [1] 王邦富.林下经济植物栽培[M].北京:中国林业出版社,2014:17-19.
- [2] 陈书坤,李恒,陈邦余.中国植物志(第四十三卷第三分册)[M].北京:科学出版社,1997:151-152.
- [3] 谢万宗,范崔生,朱北仪.全国中草药汇编(上册)[M].北京:人民卫生出版社,1996:791.
- [4] 张培轩,段瑞,黄鹏.中国远志属植物资源及地理分布[J].基层中药杂志,2002,16(6):42-43.
- [5] 陈家宝,潘为高,罗彭,等.黄花倒水莲的研究进展[J].亚太传统医药,2018,14(5):86-89.
- [6] 许立拔,龙莉,谢凤凤,等.黄花倒水莲药理研究进展[J].壮瑶药研究,2019(1):77-82,106.
- [7] 王子威,何中声,刘金福.黄花倒水莲栽培及利用研究综述[J].中国野生植物资源,2016,35(4):48-52.
- [8] 张海龙.杉阔混交林下套种黄花倒水莲生长效果分析[J].福建林业科技,2013,40(3):113-116.
- [9] 彭明良.毛竹林下套种黄花倒水莲技术[J].河北林业科技,2013(4):106-107.
- [10] 林明发.灌溉技术对毛竹林下套种黄花倒水莲的影响研究[J].林业勘察设计,2016,36(2):66-68,73.
- [11] 余昌元.黄花倒水莲生态公益林下栽培技术[J].乡村科技,2017(21):44-45.
- [12] 林恭武.追肥对毛竹林下套种黄花倒水莲产量的影响[J].林业勘察设计,2017,37(2):77-79.
- [13] 夏伟.马尾松林下套种的黄花倒水莲鲜质量及分配[J].林业勘察设计,2020,40(2):54-56,59.
- [14] 夏伟.马尾松与黄花倒水莲复合经营技术研究[J].安徽农业科学,2020,48(9):129-132.
- [15] 廖灿斌.毛竹林下不同坡位种植黄花倒水莲生长效果分析[J].花卉,2020(4):85-86.
- [16] 夏伟.马尾松套种黄花倒水莲复合经营效应分析[J].福建农业科技,2019(11):60-64.
- [17] 王邦富,范繁荣,黄云鹏,等.阔叶树林冠下黄花倒水莲不同栽植密度生长分析[J].宁夏农林科技,2019,60(3):21-22.
- [18] 王邦富,黄云鹏,范繁荣,等.4种林分类型对黄花倒水莲生长的影响[J].中国林副特产,2018(6):20-22.
- [19] 王邦富,黄云鹏,范繁荣,等.香樟林冠下不同坡向和坡位对黄花倒水莲生长的影响研究[J].江苏林业科技,2018,45(6):30-33.
- [20] 翁秋媛.林下套种黄花倒水莲的互作效应分析[J].南方林业科学,2018,46(5):28-30,65.
- [21] 周运鸿,唐健民,史艳财,等.杉木套种黄花倒水莲栽培技术[J].农业与技术,2018,38(18):92-93.
- [22] 李裕军,陆仁胜.黄花倒水莲原生态栽培技术[J].农业与技术,2018,38(17):113-114.
- [23] 林贤山.杉木林分郁闭度对南方红豆杉幼树生长的影响[J].林业勘察设计,2007(1):150-152.
- [24] 李双喜,朱建军,张银龙,等.人工马褂木林下草本植物物种多样性与林分郁闭度的关系[J].生态与农村环境学报,2009,25(2):20-24.