

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 06. 035

不同林下种植滇黄精产量及有效成分含量研究

徐钊昌^{1,2}, 段丽华², 杨维雄¹, 杨利明¹, 罗志传³, 严毅²

(1. 昆明市海口林场, 云南 昆明 650114; 2. 昆明市林业和草原科学研究所, 云南 昆明 650032;

3. 安宁市温泉街道城市管理综合服务中心, 云南 安宁 650300)

摘要:选择 3 种不同模式林下种植滇黄精, 即华山松林+滇黄精模式、油橄榄林+滇黄精模式、核桃林+滇黄精模式, 比较分析不同模式下滇黄精株高、叶片数、产量及有效成分含量。结果表明, 华山松林+滇黄精模式中滇黄精株高、叶片数动态变化均达最大值, 油橄榄林+滇黄精模式平均产量最高为 757.05 kg/667 m², 相关性分析结果表明产量与株高、叶片数呈正相关, 相关系数分别为 0.549、0.398。滇黄精有效成分差异性结果分析表明, 不同林下种植对滇黄精各有效成分含量的影响差异显著($P < 0.05$), 通过隶属函数值法对不同种植模式滇黄精 7 个指标进行综合评价, 华山松林+滇黄精模式均值最高为 0.703 5, 综合优势明显, 将为当地科学合理开展林下中药材种植提供参考。

关键词:林下; 种植模式; 滇黄精; 产量; 有效成分

中图分类号:S753.535;S759.82 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)06-0215-05

引文格式:徐钊昌, 段丽华, 杨维雄, 等. 不同林下种植滇黄精产量及有效成分含量研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(6):215-219. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.035

XU Beichang, DUAN Lihua, YANG Weixiong, et al. Yield and Active Ingredient of *Polygonatum kingianum* under Different Forests[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(6):215-219. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.06.035

Yield and Active Ingredient of *Polygonatum kingianum* under Different Forests

XU Beichang^{1,2}, DUAN Lihua², YANG Weixiong¹, YANG Liming¹, LUO Zhichuan³, YAN Yi²

(1. Haikou Forest Farm, Kunming 650114, China; 2. Kunming Academy of Forestry and Grassland, Kunming 650032, China;

3. Anning Wenquan Street Urban Management Comprehensive Service Center, Anning, Yunnan 650300, China)

Abstract: Three different forests were selected for planting *Polygonatum kingianum*, namely *Pinus armandii* + *Polygonatum kingianum* (P + P), *Olea europaea* + *Polygonatum kingianum* (O + P), *Juglans regia* + *Polygonatum kingianum* (J + P). The plant height, leaf number, yield and active ingredient content of *Polygonatum kingianum* were determined and compared. The results showed that the dynamic changes of plant height and leaf number of *Polygonatum kingianum* were the highest in P+P, and the average yield O+P was the highest at 757.05 kg/667 m². The correlation analysis showed that the yield was positively correlated with plant height and leaf number, the correlation coefficients were 0.549 and 0.398 respectively. The analysis of the difference in active ingredients showed that the influence of the effective ingredient contents of *Polygonatum kingianum* under different forests was significantly different ($P <$

收稿日期:2022-06-01.

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金([2022]TG09号).

第一作者:徐钊昌(1987-),男,云南保山人,硕士,高级工程师.研究方向为森林和草原培育. Email:358802913@qq.com

责任作者:严毅(1986-),女,四川凉山州人,硕士,高级工程师.研究方向为果树学. Email:yanyuok@yeah.net

0.05)。The membership function value method was used to comprehensively evaluate seven indicators of different planting modes. The highest average P+P was 0.703 5, and the comprehensive advantage was very obvious, which provided a reference for the local scientific and rational development of Chinese herbal medicine planting under forest.

Key words: under the forest; planting modes; *Polygonatum kingianum*; yield; active ingredient

滇黄精(*Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl), 又名大黄精、牛头黄精,属于百合科黄精属多年生草本植物,为中国药典收录 3 个基源黄精品种之一^[1]。滇黄精主要分布在我国云南、贵州、四川等西南地区,是云南重要的大宗道地药材之一^[2]。自 20 世纪 80 年代随着对滇黄精药理作用研究及认知的逐渐加深,研究者已从滇黄精植株不同器官中分离得到多糖类、甾体皂苷类、酮类、酚类、生物碱类等多种活性成分,多糖和甾体皂苷为主要药效成分,含量最高^[3]。滇黄精是传统可开发利用的药食两用资源,现代药理研究结果显示其在降血糖、抗氧化、抗衰老、抗运动疲劳、保护心血管等方面效果良好^[4]。滇黄精作为云南大宗道地药材及“十大云药”备选种类,市场需求较大,导致野生资源过度消耗,且目前基础性研究不足、产业带动作用仍薄弱,限制了滇黄精产业的发展^[5]。因此,加强野生资源保护和管理,开展高产优质滇黄精栽培是产业可持续发展的重要手段。

开展林下中药材种植能充分利用林下较为宽阔的空间,有效缓解土地资源稀缺与产业发展需求间的矛盾,是保证中药材产业可持续发展的有效手段,林药复合经营还可对土壤特性、林木生长、药材产量和品质等产生积极的促进作用^[6]。有研究表明在土壤肥沃、表层水分充足的林下栽培与传统大田栽培相比,除能保存滇黄精的原生性外,还大幅缩短生长周期^[7]。目前围绕滇黄精林下栽培技术、病虫害防治等开展研究较多^[8-10],也有关于不同种植基地及不同产地黄精品种质量的差异比较研究^[11-12]。生产实践中应结合林地及药材植物生长特性因地制宜地选择林药复合种植模式,但鲜有涉及不同林型下滇黄精产量及质量系统比较方面的研究。测定 3 种不同林下种植滇黄精的产量及有效成分,以期对滇黄精的林下种植提供理论支持和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

种植试验地位于云南省昆明市海口林场,地理

位置位于 102°28′~102°38′E, 24°43′~24°56′N, 属滇中高原浅切割中山地形,一般海拔 1 900~2 200 m, 植被类型主要为暖温性针叶林、落叶阔叶林、人工桉树、柏树林,属亚热带季风气候,气候温和,干湿季明显,日照充足,年均温 14.6℃, 7—9 月份为雨季,年均降水量 909.7 mm,土壤类型以森林红壤为主。作为昆明市西南部、滇池面山的绿色屏障,处于滇池入海口的特殊地理位置,通过引种油橄榄、核桃等试验,为发展林药复合经营模式提供了足够的空间。试验地概况如表 1 所示。

表 1 试验地设置

Tab. 1 Overview of experimental sites

类型	经纬度	海拔 /m	树龄 /a	林分 郁闭度
华山松林 <i>Pinus armandii</i>	102°36′27″E, 24°48′24″N	1970	59	0.8
油橄榄林 <i>Olea europaea</i>	102°36′28″E, 24°47′56″N	1940	52	0.4
核桃林 <i>Juglans regia</i>	102°34′14″E, 24°49′24″N	2105	3	0.1

1.2 试验材料

试验采用无性繁殖,所用滇黄精为 2015 年 12 月由云南药材有限公司提供的一年生块根。

1.3 试验设计与方法

2016 年 1 月开展不同林下滇黄精种植,按株行距 30 cm×25 cm 条播,沟深 10 cm;种植模式为华山松林+滇黄精(P+P)、油橄榄林+滇黄精(O+P)、核桃林+滇黄精(J+P)。定植前清除 2 m 以下的灌木、草本、藤本植物、枯枝等,按腐熟羊粪 2 kg/m²、复合肥 0.02 kg/m² 的量均匀覆盖在墒面上作基肥施入,各种植模式经营管理一致,不采取修根、打顶、掰芽、追肥措施,每年 4—10 月除草 2 次,所除杂草就地覆盖,日常水份管理。采用随机区组,每个小区面积为 200 m²,设置 3 个重复。滇黄精种植后,从齐苗后随机选取 30 株,每隔 30 d 定株开展株高及叶片数观测,取平均值进行数据统计。2017 年 10 月 19

日,采用对角线随机取样法,每个小区取 3 个样点,重复 3 次,挖取 1 m² 滇黄精进行产量和有效成分测定。

1.4 指标测定

株高:植株根茎基部到顶部最高叶片之间的垂直高度;鲜重:采样后用电子天平即刻进行称重;有效成分含量测定:多糖采用苯酚-浓硫酸法进行测定^[13];总皂苷采用香草醛-冰醋酸比色法进行测定^[14];总黄酮采用 NaNO₂-Al(NO₃)₃ 法进行测定^[15];总生物碱采用醋酸钠-醋酸缓冲液法进行测定^[16]。

1.5 统计分析

采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 23.0 软件进行数据分析,选用单因素方差分析法 LSD 和 Duncan 检验对数值进行方差分析,选用直线相关分析法进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同林下种植模式对滇黄精生长指标及产量的影响

不同种植模式下滇黄精出苗时间基本一致,均于 3 月中旬齐苗,齐苗后株高迅速增长,随着生长过程先快速增长再缓慢增长,在地上部分停止生长后出现萎蔫、枯黄等现象,最后呈缓慢下降趋势。

P+P 模式滇黄精株高在 9 月 6 日达到最大值 39.57 cm 后开始下降,O+P 模式株高于 10 月 10 日达到最大值 28.20 cm 后开始下降,J+P 模式株高于 8 月 4 日达最大值 26.07 cm 后开始下降。在生长过程中,滇黄精叶片数量呈现先增加后趋于平稳的变化趋势,P+P 模式 9 月 6 日为滇黄精叶片最大数 6.17 片,O+P 和 J+P 模式 8 月 4 日叶片数平均值达到 4.87 片后开始下降。O+P 模式滇黄精产量最高达 757.05 kg/667 m²,O+P 与 P+P 模式滇黄精产量分别为 720.36、266.80 kg/667 m²,两者相比产量差异不明显,但均高于 J+P 模式 2.5 倍以上。对不同林下种植滇黄精产量和生长指标进行相关性分析,结果见表 2。

表 2 滇黄精不同生长性状相关性分析
Tab. 2 Correlation analysis of growth traits

变量	产量	株高	叶片数
产量	1.000		
株高	0.549	1.000	
叶片数	0.398	0.950 **	1.000

注:**表示 0.01 水平差异显著。

由表 2 可知,株高与叶片数间差异极显著,表明株高与叶片数关系十分密切;滇黄精产量与株高、叶片数呈正相关,相关系数分别为 0.549、0.398,说明滇黄精的产量与株高、叶片数关系密切。

2.2 不同林下种植模式对滇黄精有效成分含量的影响

不同林下种植模式对滇黄精有效成分含量及有效成分差异性分析结果见表 3、表 4。

表 3 不同林下种植模式滇黄精有效成分含量
Tab. 3 Active ingredients of *Polygonatum kingianum* under different forests %

种植模式	多糖	总皂苷	总黄酮	总生物碱
P+P	47.84	0.21	0.25	0.30
O+P	69.66	0.09	0.21	0.46
J+P	79.08	0.15	0.17	0.36

表 4 不同林下滇黄精有效成分差异性分析
Tab. 4 Difference analysis of active ingredients of *Polygonatum kingianum* under different forests

有效成分指标	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
多糖	林种间	1540.952	2	770.476	5.644	0.042
	林种内	819.047	6	136.508		
	总变异	2359.999	8			
总皂苷	林种间	0.022	2	0.011	8.526	0.018
	林种内	0.008	6	0.001		
	总变异	0.029	8			
总黄酮	林种间	0.009	2	0.004	9.233	0.015
	林种内	0.003	6	0.000		
	总变异	0.012	8			
总生物碱	林种间	0.041	2	0.020	6.955	0.027
	林种内	0.018	6	0.003		
	总变异	0.059	8			

由表 3 可知,不同林下种植,模式 J+P 滇黄精多糖含量最高为 79.08%,其次为 O+P 模式(69.66%),P+P 模式多糖含量最低为 47.84%;P+P 模式滇黄精总皂苷含量最高为 0.21%,其次为 J+P 模式(0.15%),O+P 模式总皂苷含量最低为 0.09%;P+P 模式滇黄精总黄酮含量最高为 0.25%,其次为 O+P 模式(0.21%),J+P 模式总黄酮含量最低为 0.17%;O+P 模式滇黄精总生物碱含量最高为 0.46%,J+P、P+

P 模式总生物碱含量分别为 0.36%、0.30%。由表 4 可以看出,不同林下种植对滇黄精不同有效成分含量的影响差异显著($P < 0.05$)。

2.3 不同林下种植模式滇黄精指标综合评价

采用模糊数学的隶属函数值法^[17]对不同种植模式的 7 个指标进行综合评价,隶属函数值的计算公式为:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{imin}}{X_{imax} - X_{imin}} \quad (1)$$

式中: Z_{ij} 为 i 种植模式 j 指标的隶属函数值; X_{ij} 为 i 种植模式 j 指标的测定值; X_{imax} 和 X_{imin} 分别为不同林下滇黄精各指标值的最大值和最小值。

不同林下种植模式滇黄精隶属函数值统计见表 5。

表 5 不同林下种植模式滇黄精隶属函数值

Tab. 5 Membership function values of *Polygonatum kingianum* under different forests

种植模式	隶属函数值							综合评价 排序
	株高	叶片数	产量	多糖	总皂苷	总黄酮	总生物碱	平均 ($\bar{Z}_{ij}$)
P+P	1.0000	1.0000	0.9251	0.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.7035
O+P	0.0000	0.2640	1.0000	0.6985	0.0000	0.5000	1.0000	0.4946
J+P	0.0349	0.0000	0.0000	1.0000	0.5000	0.0000	0.3750	0.2728

将不同林下种植模式滇黄精各指标进行计算取平均值,均值越大越适宜在该林型下种植,结果表明,P+P、O+P、J+P 模式均值分别为 0.7035、0.4946、0.2728,说明 P+P 种植模式优势非常明显。

3 讨论与结论

滇黄精喜阴,强烈的光照将造成部分植株顶端和叶片枯死脱落,对滇黄精株高及叶片数造成一定影响,结合林间所观察的地上部分生长情况,当滇黄精 10 月进入果实期后,果实增加后将直立茎压低到地面匍匐生长,茎顶端在与地面接触后腐蚀或折断将对株高和叶片数造成影响。本研究中,不同林下种植,P+P 模式株高和叶片数极值明显高于 O+P 和 J+P 模式,经分析其与林间日照强度有关,而且华山松林较油橄榄林土层深厚、保水性强、林间为散射光,更有利于滇黄精生长。云南核桃面积、产量和产值居全国第一,有研究者发现核桃林下开展中药材复合种植对林间植物、林下药材及土壤肥力均有不同程度的改善^[18],但本研究中核桃林由于郁闭度过低与滇黄精弱光性需求不符,在强光直射下出现叶片和植株顶端枯死脱落、土壤温度较高、保湿能力较差等,对滇黄精地上和地下部分造成影响,出现不利于滇黄精生长和产量过低的现象,待成林后进一步试验加以证实。

测定不同林下种植滇黄精的有效成分对药材质量评价及提高优质种质筛选具有重要意义。本研究中,J+P 模式多糖含量最高为 79.08%,远高于《中

国药典》(2015 年版)多糖含量的规定(7%),可能与本次试验所测样品中蛋白质含量有关,有待进一步采集样本进行测定,但严毅等^[19]在海口林场华山松林下栽培以块茎繁殖的滇黄精,其多糖含量高达 14.02%,表明该地区林下栽培滇黄精多糖含量均符合要求。皂苷作为主要次生代谢产物,3 种植模式下总皂苷含量低于李玲等^[20]研究结果。通过测定不同林下种植滇黄精总黄酮含量均低于黄金月等^[21]测定的不同产地的滇黄精总黄酮含量。由于滇黄精中生物碱含量较低,对滇黄精含量测定研究甚少。通过有效成分含量差异性分析,不同林下种植对滇黄精不同有效成分含量的影响差异显著($P < 0.05$),焦劼等^[12]将滇黄精多糖和皂苷含量作为质量评价的指标,其含量反映了滇黄精的药用价值以及不同林下种植滇黄精药用成分含量的差异。本研究中通过不同林下种植滇黄精有效成分含量分析,以鉴定和筛选优良种质资源,为当地林下药用植物开发利用提供参考。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 一部. 北京:中国医药科技出版社,2015:306-307.
- [2] 段宝忠,张晓灿,杜泽飞,等. 滇黄精资源现状及可持续利用探讨[J]. 大理大学学报,2017,2(10):10-14.
- [3] 陈辉,冯珊珊,孙彦君,等. 3 种药用黄精的化学成分及药理活性研究进展[J]. 中草药,2015,45(15):2329-2338.
- [4] 柳威,林懋怡,刘晋杰,等. 滇黄精研究进展及黄精研究

- 现状[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(14): 226-234.
- [5] 徐天才, 陈翠, 王泽清, 等. 云南黄精属植物资源及其药理作用的调查研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(12): 84-90.
- [6] 王冉, 王玥, 谭锦豪, 等. 林药复合系统研究进展[J]. 林业与环境科学, 2019, 35(4): 128-131.
- [7] 庄立, 李燕, 严亮. 滇黄精林下种植技术及效益浅析[J]. 云南农业, 2017(1): 37-39.
- [8] 彭静, 彭信海, 罗先权, 等. 黄精林下栽培技术[J]. 湖南林业科技, 2016, 43(6): 105-108.
- [9] 刘恒鹏, 熊新武, 李俊南, 等. 薄壳山核桃林下滇黄精种植试验[J]. 现代农业科技, 2017(14): 51-52.
- [10] 王桥美, 杨瑞娟, 严亮, 等. 滇黄精主要病虫害防治措施的研究综述[J]. 农村实用技术, 2017(12): 27-30.
- [11] 王彩步, 段宝忠. 云南不同种植基地滇黄精中多糖含量测定分析[J]. 大理学院学报, 2018, 3(2): 14-17.
- [12] 焦劼, 陈黎明, 孙瑞泽, 等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材, 2016, 39(3): 519-522.
- [13] 陈兴荣, 何正春, 张玲玉. 滇黄精多糖的提取分离及含量测定[J]. 中国民族民间医药, 2009, 18(23): 14.
- [14] 戴万生, 赵声兰, 张鹏慧, 等. 滇黄精3种炮制方法的比较研究[J]. 西部中医药, 2016, 29(8): 32-34.
- [15] 陈克克, 史丽, 李莺, 等. 黄精总黄酮和总酚的含量测定[J]. 陕西农业科学, 2012, 58(1): 58-60.
- [16] 陈佳江, 熊敏, 周静波, 等. 附子配伍干姜对附子总生物碱含量的影响[J]. 成都中医药大学学报, 2010, 33(2): 1-3.
- [17] 刘华, 王峰, 李娜, 等. 隶属函数法对12个树种抗旱性的综合评价[J]. 中国农村小康科技, 2010(10): 39-41.
- [18] 肖良俊, 谢正万, 张传光, 等. 核桃中药材不同复合经营模式土壤肥力综合评价[J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(1): 91-95.
- [19] 严毅, 何银忠, 王亚婷, 等. 云南海口林场中药林下种植模式初探[J]. 中国现代中药, 2016, 18(2): 173-177.
- [20] 李玲, 黄玉玲, 杨玉玲, 等. 滇黄精不同部位理化指标与化学成分差异性研究[J]. 农学学报, 2021, 11(8): 70-75.
- [21] 黄金月, 崔芙岩, 郑时嘉, 等. 响应面优化黄精根茎总皂苷、总黄酮提取方法及其在不同产地黄精成分含量比较中的应用[J]. 中医药学报, 2021, 49(9): 56-61.

责任编辑: 陈旭

(上接第214页)

- [19] 任家悻, 王云. 基于改进两步移动搜索法的上海市黄浦区公园绿地空间可达性分析[J]. 地理科学进展, 2021, 40(5): 10.
- [20] 陶卓霖, 程杨. 两步移动搜寻法及其扩展形式研究进展[J]. 地理科学进展, 2016(5): 11.
- [21] MAGRAIL M R, HUMPHREYS J S. Measuring spatial accessibility to primary care in rural areas: Improving the effectiveness of the two-step floating catchment area method[J]. Applied Geography, 2009, 29(4): 533-541.
- [22] LUO W, QI Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians[J]. Health & Place, 2009, 15(4): 1100-1107.
- [23] DAI D. Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit[J]. Health & Place, 2010, 16(5): 1038-1052.
- [24] ANSELIN L. Local indicators of spatial association—LISA[J]. Geographical Analysis, 2010, 27(2): 93-115.
- [25] TIEFELSDORF M, BOOTS B N. The exact distribution of Moran's I[J]. Environment and Planning, 1995, 27(6): 985-999.
- [26] LORENZ M O. Methods of measuring the concentration of wealth[J]. Publications of the American Statistical Association, 1905, 9(70): 209-219.
- [27] BAKARE A S. Measuring the income inequality in Nigeria: the Lorenz curve and Gini co-efficient approach[J]. American Journal of Economics, 2012, 2(1): 47-52.
- [28] 全德, 孙裔煜, 谢苗苗. 基于改进高斯两步移动搜索法的深圳市公园绿地可达性评价[J]. 地理科学进展, 2021, 40(7): 1113-1126.
- [29] LN A, MJM A, CG B, et al. Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US cities[J]. Landscape and Urban Planning, 2019, 181: 51-79.

责任编辑: 刘平书