



梁林波, 祁学飞, 熊新武, 等. 核桃林下丹参规范化种植技术及品质评价[J]. 黑龙江农业科学, 2025(3):66-71.

# 核桃林下丹参规范化种植技术及品质评价

梁林波<sup>1</sup>, 祁学飞<sup>2</sup>, 熊新武<sup>1</sup>, 苏连波<sup>1</sup>, 孟 梦<sup>1</sup>, 刘恒鹏<sup>1</sup>

(1. 云南省林业和草原科学院 漾濞核桃研究院, 云南 大理 672500; 2. 漾濞高原野生资源开发贸易有限公司, 云南 大理 672500)

**摘要:**为了实现丹参-核桃产业绿色可持续发展, 进而提高农民经济效益、保护林业资源、改善生态环境。基于中药材生产过程中的质量控制及药材商品的质量评价的需要, 对核桃林下种植丹参生产过程中的关键技术进行了总结, 并在此基础上测定 4 个不同林地种植丹参的丹参酮 I、丹参酮 II、隐丹参酮和丹酚酸的含量, 采用主成分因子分析法对丹参品质进行评价。结果表明, 此规范化种植技术提高了丹参在核桃林下的种植成效, 且丹参的有效成分含量均高于国家药典标准, 4 个成分之间存在一定的相关性; 经主成分分析法提取出两个主成分, 累积方差贡献率为 99.846%, 以主成分为评价指标, 综合评价结果表明富恒乡石竹村(黏土)核桃林下的丹参综合得分是 1.416, 品质最好, 其次是富恒乡白芥村(砂壤土)的丹参。

**关键词:**核桃; 丹参; 林下经济; 规范化种植; 品质评价

林下经济是以林地与森林生态环境为依托, 充分利用林下土地资源和林荫优势发展林下种植业、养殖业和采集业等, 使农林牧各业实现资源共享、优势互补、循环相生、协调发展的生态农业模

式, 具有投入少、见效快和前景好等特点<sup>[1-2]</sup>。发展林下经济可以促进传统林业和现代农业的结合, 可以解决传统林业投资数额大、周期长、效益低、资源利用率低等问题, 实现生态与经济的双重

收稿日期: 2024-03-29

基金项目: 十三五国家重点研发项目(2021YFD1000403); 云南省科技厅重大科技专项计划(202202AE090009); 云南特色林下经济开发模式研究(云林(2020)0501)。

第一作者: 梁林波(1982—), 女, 学士, 助理研究员, 从事经济林栽培及林下种植研究。E-mail: 1297624480@qq.com。

通信作者: 刘恒鹏(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事林下经济作物选育与扩繁、森林经营等研究。E-mail: 823515405 @qq.com。

## Introductory Cultivation Trial of *Aurea helianthus* on Southern Red Soil

ZHANG Dan<sup>1, 2</sup>, ZHU Yukun<sup>2</sup>, CHEN Lu<sup>1, 2</sup>, WANG Xiaoling<sup>1</sup>, XIAO Qun<sup>3</sup>, GAO Zhu<sup>1, 2</sup>

(1. Institute of Biological Resources, Jiangxi Academy of Sciences / Jiangxi Provincial Key Laboratory of Plantation and High Valued Utilization of Specialty Fruit Tree and Tea, Nanchang 330096, China; 2. Jinggangshan Institute of Biotechnology, Ji'an 343016, China; 3. Tianyu Township Science Association, Qingyuan District, Ji'an City, Ji'an 343016, China)

**Abstract:** In order to promote the development of the *Aurea helianthus* industry, planted *A. helianthus* by direct seeding, analyzed its adaptability and yield in red soil cultivation by carrying out priming test and biological observation, clarified the adaptability of *A. helianthus* in Southern red soil, and provided theoretical support for the popularization of *A. helianthus*. The results showed that the plant grows vigorously in red soil, the plant stem was stout and strong, and it can form fruiting lateral branches rapidly. The plant height was 97.5—130.0 cm, the corolla diameter was 8.5—13.0 cm, the average number of blooms was 86, the average number of fruits was 72, and the average yield of flowers was 450 kg·(667 m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>. The seed germination was in mid to late March, and the beginning of flowering was in early June, and the average fresh weight of a single flower was 3.95 g, the average fresh weight of a single fruit was 8.89 g, and the seeds in a single fruit were about 70. In the late stage of fruit development, the weight of the pericarp gradually decreases, the volume gradually shrinks, the seed development gradually becomes complete, and the dry-to-wet weight ratio of the seeds increases. In summary, *A. helianthus* has strong adaptability and resistance to adversity in red soil, and grows well, so it can be popularized and planted on a large scale.

**Keywords:** *Aurea helianthus*; introduced; agronomic traits; cultivation technology

效益,是实践“绿水青山,就是金山银山”的重要途径,对调动林农生产积极性,促进我国林业可持续发展具有重要意义<sup>[1,3-6]</sup>。

丹参又名赤参、血参等,是唇形科多年生草本植物丹参(*Salvia miltiorrhiza* Bge.)的干燥根及根茎,具有活血化瘀、通经止痛、清心除烦的功效。其有效成分达 30 余种<sup>[7]</sup>,药理学表明,丹参具有抗心律失常、保护心肌、改善微循环、抗菌消炎、保护肝细胞、提高机体耐缺氧能力、抗肺纤维化等作用,主要用于心脑血管疾病的预防和治疗<sup>[8-11]</sup>,在药剂中被广泛应用。随着人类心脑血管疾病年轻化趋势增加,市场需求量也逐渐上升,野生资源逐渐减少,人工栽培成为商品丹参的主要来源,目前陕西、山东、江苏、河南、四川等为丹参种植的主要产地<sup>[12-13]</sup>。药材有效成分含量的多少是衡量其品质的重要标准,而不同的种植环境对丹参的有效成分含量影响较大<sup>[14-17]</sup>。彭晓邦<sup>[18]</sup>和王超等<sup>[19]</sup>对核桃林药研究表明丹参适宜在核桃林下种植。云南是我国核桃生产大省,目前种植面积达到 287 万  $\text{hm}^2$ 。近几年,核桃经济效益持续下降,利用核桃林下土地资源发展丹参种植,实行以短养长、长短结合,是提高林地产出、提升林业质量、促进农民增收、帮助山区农民脱贫致富的有力手段。本文通过在云南省漾濞县不同地方核桃林下开展丹参栽培试验,在多年多点试验的基础上,总结了丹参核桃林下规范化种植技术,并测定通过该技术在核桃林下种植的丹参有效成分含量,采用主成分分析法对不同试验地核桃林下丹参进行品质评价,以期为提高丹参在核桃林下种植成效及其内在品质提供理论依据与技术支持。

## 1 丹参规范化种植技术

### 1.1 育苗技术

1.1.1 育苗床准备 选择地势平坦、阳光充足、靠近水源、排水良好、土壤肥沃的砂壤土地块。清除地里的石块及杂物,深翻土地约 30 cm,结合耕翻施入复合肥  $50 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$  和生物有机肥  $40 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$  作底肥。耙细整平再起垄,垄宽 1.2~1.3 m,高 30 cm,垄长依地形而定,垄沟宽 40~50 cm,沟要畅通。

1.1.2 播种 每年 7 月—8 月初进行播种,将饱满、无病虫的丹参种子与细沙以 1:5 的比例混合后均匀撒播在垄面上,播种量约  $6 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ 。播种后先在垄面上覆 0.5~1.0 cm 厚的细土,再覆盖 1~2 cm 厚的松针,无松针可考虑其他谷秆或杂草,并浇透水。

1.1.3 苗期管理 丹参出苗前温度高无降雨时,每间隔 2~3 d 喷洒 1 次水,以保持土壤湿润。在幼苗长出 1~2 片真叶后逐渐揭去松针或覆盖物,长出 3 片真叶后叶面喷施 14% 的复合肥 2~3 次,施入复合肥  $10 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ ,注意及时除草和浇水。雨季要及时排水。

### 1.2 核桃林下规范化种植技术

1.2.1 选地 选择海拔 1 600~2 200 m、郁闭度在 0.5 以下的核桃林,排水良好,坡度小,土壤为微酸性或微碱性的林地。

1.2.2 整地 清除林地内的石块、杂物、杂草,深翻 30~40 cm,按  $50 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$  施入复合肥和  $1 000 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$  的腐熟农家肥,耙细整平起垄,垄宽 0.8~1.3 m、高 30 cm,垄沟宽 40~50 cm,沟要畅通。起垄时要根据核桃树的大小保留树盘宽度 0.8~1.0 m。

1.2.3 定植 定植时间:可在当年 10 月至第二年的 4 月定植,浇透定根水。

保湿增温:为保持土壤湿润与防止杂草滋生,栽种前垄上覆盖黑色地膜,两边用土压实。

打定植孔:覆膜后用木桩按株行  $20 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$  在垄上打孔,孔深 10~15 cm。

栽苗:将丹参种苗保留 8~10 cm 长的根系,其余部分剪掉,放入打好的孔中,每孔 1 株,深度不要过深,以微露心芽为准,也不要使根头露土,放好后培土、稍压实,栽培后浇透水,可以满灌的地方可采用满灌。

1.2.4 田间管理 查苗补苗:丹参移栽 20 d 后查看种苗的成活情况,及时补苗,要浇足定根水。

除草:丹参种植后,适时进行除草,要求早除、除尽。

追肥:6 月—8 月,采用叶面喷肥或结合降雨土壤追施氮磷钾复合肥 2~3 次,土施  $50 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ 。

浇水排涝:旱季,应根据土壤墒情适时浇灌;雨季,要及时进行排水防涝,以防烂根。

摘蕾与剪老秆:在丹参抽出花序时,不预留种子的植株应及时摘除花蕾,以抑制生殖生长,促进丹参根的发育,保证丰产。留种的丹参在种子采收后再将全部茎秆剪除。

1.2.5 病虫害防治 核桃林下栽培丹参少见病虫害发生,偶发根腐病、枯萎病、地老虎、棉铃虫等。坚持“预防为主,综合治理”的原则,加强栽培管理,采收前 60 d 禁止使用农药。

病害防治:在种苗移植时,用 50% 多菌灵 WP 1 000 倍液浸根 8~10 min,然后移植;生长期用 50% 多菌灵 WP 500~1 000 倍液、70% 甲基托布

津 1 000 倍液,每隔 10 d 灌根 1 次,每株 200~250 mL,连续 2~3 次;收获后及时清除地里病残植株,集中烧毁,可进行根腐病、枯萎病防治。

虫害防治:如有虫害,在整地时用 5% 锌硫磷粉剂 30 g·m<sup>-2</sup> 拌入垄土中,可有效防治地老虎;用 50% 辛硫磷乳油 1 500 倍液或 50% 西维因 1 000 倍液,每隔 7~10 d 喷施 1 次,连续喷 2~3 次,可防治棉蚜虫幼虫,用黑色灯光可诱杀成虫。

1.2.6 采收及采后处理 采收:当年 10 月底地上部分枯萎后至第二年春节萌发前采收,此时丹参在根长、根粗、根重等性状上表现较好(表 1)。从垄的一端开始逐行采挖,挖出的丹参在原地剪去地上部分,除去泥土,忌用水洗(图 1)。丹参的根深、质脆、易断,采挖时需小心。

表 1 核桃林下丹参产量性状

平均根长/ cm	平均根 直径/mm	平均单株 根条数/条	平均单株 根鲜重/g	平均单株 根干重/g
11.66	4.89	10.6	33.57	8.44



图 1 丹参采收

采后处理:采收后立即进行简单处理,放于通风干燥处,晾晒至五成干变软时,去掉须根,理顺,晾晒至干透,包装成捆备售。

## 2 不同林地丹参品质分析试验

### 2.1 试验地概况

核桃林地遮阴度均低于 0.5,基地位于大理州漾濞县。其中基地一位于漾濞族自治县苍山西镇羊庄坪,种植地面积 3 000 m<sup>2</sup>,基地二种植面积约 3 869 m<sup>2</sup>,位于富恒乡的白莽村、石竹村(表 2)。

表 2 试验地概况

基地	试验地	海拔/m	土壤类型	土壤理化性质
一	苍山西镇羊庄坪	1560	砂壤土	有机质含量 38.0 g·kg <sup>-1</sup> 、速效钾含量 241.3 mg·kg <sup>-1</sup> 、有效磷含量 221.9 mg·kg <sup>-1</sup> 、水解性氮含量 112.0 mg·kg <sup>-1</sup> 、土壤 pH7.8
二	富恒乡白莽村	2200	砂壤土	有机质含量 35.7 g·kg <sup>-1</sup> 、速效钾含量 238.1 mg·kg <sup>-1</sup> 、有效磷含量 207.5 mg·kg <sup>-1</sup> 、水解性氮含量 105.0 mg·kg <sup>-1</sup> 、土壤 pH7.6
	富恒乡石竹村	2400	黏土	有机质含量 37.0 g·kg <sup>-1</sup> 、速效钾含量 151.3 mg·kg <sup>-1</sup> 、有效磷含量 167.9 mg·kg <sup>-1</sup> 、水解性氮含量 96.7 mg·kg <sup>-1</sup> 、土壤 pH6.7
	富恒乡石竹村	2400	砂壤土	有机质含量 40.2 g·kg <sup>-1</sup> 、速效钾含量 252.67 mg·kg <sup>-1</sup> 、有效磷含量 275.3 mg·kg <sup>-1</sup> 、水解性氮含量 157.0 mg·kg <sup>-1</sup> 、土壤 pH8.0

### 2.2 材料与方法

2.2.1 材料 种植品种均为商洛丹参,由漾濞高原野生资源开发贸易有限公司提供和负责管护。

2.2.2 试验设计 试验采用种子育苗后移栽,于 2020 年 8 月 20 日播种,2021 年 3 月 22 日至 3 月 26 日开始移栽。分别于上述 4 个试验地采用核桃林下规范化种植技术进行栽培管理,2021 年 10 月上旬开始收获。

2.2.3 测定项目及方法 丹参采收期,在上述 4 个试验点内随机采集栽培 1 年左右的丹参根茎,带回室内分别测定丹参的根长、直径、单株根条数(直径>2 mm)和单株根鲜重及单株根干重。

采用高效液相色谱法测定丹参样品的丹参酮类含量(丹参酮 I、丹参酮 II A、隐丹参酮含量之和)、丹酚酸 B 含量<sup>[20]</sup>。

2.2.4 数据分析 采用 Excel 2010 软件对丹参有效成分含量的测定结果进行数据整理,并用 SPSS 22.0 版软件进行相关分析和主成分分析。

### 2.3 结果与分析

2.3.1 丹参的主要有效成分指标 由表 3 可知,核桃林下丹参的丹参酮类(丹参酮 I、丹参酮 II A、隐丹参酮含量之和)、丹酚酸 B 含量均超过《中华人民共和国药典》(2020)一部<sup>[21]</sup> 丹参质量标准的要求。富恒乡石竹村(黏土)核桃林下丹参的丹参酮类含量最高,为 0.859%,其次是富恒乡白莽村(砂壤土),丹参酮类含量为 0.772%;苍山西镇羊庄坪(砂壤土)的丹参酮类含量最小,为 0.311%;富恒乡石竹村(砂壤土)核桃林下丹参的丹酚酸 B 含量最高,为 9.10%。

表 3 丹参样品的主要有效成分含量分析

试验地	丹参酮 I / %	丹参酮 II A / %	隐丹参酮 / %	丹参酮类 / %	丹酚酸 B / %
苍山西镇羊庄坪(砂壤土)	0.041	0.201	0.069	0.311	6.60
富恒乡白莽村(砂壤土)	0.104	0.432	0.236	0.772	5.40
富恒乡石竹村(黏土)	0.117	0.498	0.244	0.859	6.70
富恒乡石竹村(砂壤土)	0.073	0.279	0.091	0.443	9.10
药典标准				≥ 0.25	≥ 3.00

2.3.2 丹参有效成分的相关性分析 对 4 个核桃林试验地丹参的有效成分进行相关性分析,由表 4 可知,丹参酮 I 含量与丹参酮 II A、隐丹参酮含量呈正相关,与丹酚酸 B 含量呈负相关,其中与丹参酮 II A 含量呈显著相关;丹参酮 II A 含量与隐丹参酮含量呈显著正相关,与丹酚酸 B 含量呈负相关;隐丹参酮含量与丹酚酸 B 含量呈负相关。说明这些丹参有效成分含量之间存在一定的相关性,同时存在信息的重叠,会导致综合评价结果不理想,需要进一步做主成分分析,科学地对 4 个试验地点的丹参有效成分指标进行评价。

表 4 丹参有效成分间的相关性分析

指标	丹参酮 I	丹参酮 II A	隐丹参酮	丹酚酸 B
丹参酮 I	1			
丹参酮 II A	0.987 *	1		
隐丹参酮	0.948	0.977 *	1	
丹酚酸 B	-0.303	-0.417	-0.591	1

注: \* 表示显示相关( $P \leq 0.05$ )。

表 5 主成分的特征值及方差贡献率

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	特征值	方差贡献率 / %	累积方差贡献率 / %	特征值	方差贡献率 / %	累积方差贡献率 / %
1	3.202	80.055	80.055	3.202	80.055	80.055
2	0.792	19.790	99.846	0.792	19.790	99.846
3	0.006	0.154	100.000			
4	-4.470E-16	-1.117E-14	100.000			

表 6 成分载荷矩阵

指标	主成分	
	1	2
丹参酮 I	0.950	0.311
丹参酮 II A	0.980	0.191
隐丹参酮	1.000	-0.008
丹酚酸 B	-0.584	0.811

2.3.4 不同试验地核桃林下丹参有效成分的综合评价 由表 6 中各指标主成分载荷除以表 5 中各主成分相对应的特征值开根号,得到两个主成分中每个成分指标所对应的系数即特征向量,以

2.3.3 丹参有效成分的主成分分析 将 4 个试验地核桃林丹参的有效成分指标原始数据标准化后进行主成分分析。由表 5 可见,以方差特征值大于 1 为主成分,得到第 1 主成分的方差特征值大于 1,为 3.202,方差贡献率为 80.055%,具有一定的代表性。方差贡献率表中显示第 2 主成分的特征值为 0.792,方差贡献率为 19.790%,与第 1 主成分相加后总方差贡献率为 99.846%,累计方差贡献率大于 85%,这 2 个主成分更能反映出全部丹参的有效成分指标的绝大部分信息,将其纳入主成分提取。由表 6 可知,第 1 主成分上有较高载荷且符号为正的 品质指标有隐丹参酮、丹参酮 II A、丹参酮 I,载荷分别为 1.000,0.980 和 0.950,会对第 1 主成分产生正向影响,说明第 1 主成分大时,三者含量越高;同理,第 2 主成分中载荷较高且符号为正的 品质指标为丹酚酸 B,载荷为 0.811,对第 2 主成分产生正向影响。

特征向量为权重构建两个主成分得分的表达式如下,公式中的  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$  值是原始数据标准化后的数据。

$$F_1 = 0.531X_1 + 0.548X_2 + 0.559X_3 - 0.326X_4$$

$$F_2 = 0.349X_1 + 0.215X_2 - 0.009X_3 + 0.911X_4$$

以各主成分对应的方差贡献率为权重,建立主成分综合得分计算模型: $F_{\text{综合}} = 0.802F_1 + 0.198F_2$ 。

根据各主成分的函数表达式,计算出 4 个试



验地核桃林丹参的品质综合得分,综合得分越高,说明该试验地点丹参的综合品质越好。

由表 7 可知,4 个试验地核桃林丹参的综合品质得分从高到低依次为富恒乡石竹村(黏土) >

富恒乡白莽村(砂壤土) > 富恒乡石竹村(砂壤土) > 苍山西镇羊庄坪(砂壤土)。其中,富恒乡石竹村(黏土)的综合得分最高,最低的是苍山西镇羊庄坪。

表 7 不同核桃林下栽培丹参综合得分及排名

试验地	$F_1$	排名	$F_2$	排名	$F_{\text{综合}}$	综合排名
苍山西镇羊庄坪(砂壤土)	-1.751	4	-0.875	4	-1.578	4
富恒乡白莽村(砂壤土)	1.419	2	-0.585	3	1.023	2
富恒乡石竹村(黏土)	1.663	1	0.416	2	1.416	1
富恒乡石竹村(砂壤土)	-1.331	3	1.044	1	-0.861	3

### 3 讨论

核桃林下科学化、规范化种植丹参,产量高、质量好,品牌化程度高。既可充分利用林下土地资源,保护生态可持续发展,提高林业土地利用率和生产力,又能获得较高的经济效益,增加农民收入。以 2022 年丹参的产量和售价作为衡量标准,规范化种植的丹参在晾干后产量可达  $250 \sim 300 \text{ kg} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ ,按照晾干后的市场平均价  $15 \text{ 元} \cdot \text{kg}^{-1}$  计算,收入为  $3750 \sim 4500 \text{ 元} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ 。因近年核桃果市场价格波动大,中龄核桃林核桃收入仅  $400 \sim 500 \text{ 元} \cdot (667 \text{ m}^2)^{-1}$ ,林下种植丹参收益明显高于核桃种植收益。

丹参因其具有一定的耐阴生长特性,而核桃为落叶乔木。经观测,在丹参萌芽期,核桃林下郁闭度高,避免了丹参嫩芽受到日灼;丹参生长高峰期经观测为 5 月至 10 月,根系生长的高峰期为 7 月至 10 月,在大理漾濞核桃树于白露后陆续落叶,落叶后增加了林间日照,此时能够给还在生长期内的丹参必要的日照条件,增强其光合作用,给根系生长提供了必要条件。这说明在云南漾濞县核桃林下发展丹参是一种较好的林药种植模式,既能提高核桃林下的土地利用效率,增加农民收入,也能增加农民对核桃种植的积极性,保障核桃产业的持续发展。

有效成分含量在丹参品质评价中具有重要意义,本研究在不同海拔及土壤类型核桃林下种植丹参,丹参的丹参酮类、丹酚酸 B 含量均超过《中华人民共和国药典》(2020)版规定的丹参质量标准要求。不同核桃林下丹参有效成分含量及表现相比,在海拔  $2200 \sim 2400 \text{ m}$  核桃林地丹参的丹参酮类含量较高,最高的为黏土种植的含量,达到  $0.859\%$ ,且黏土比砂壤土高;丹酚酸 B 的含量在海拔  $2400 \text{ m}$  砂壤土最高,为  $9.10\%$ ,高于同海

拔的黏土种植含量,且砂壤土的土质疏松、氮磷钾含量高,其丹参产量也高于黏土的产量。本研究中丹参的有效成分含量与其他产地丹参比较,丹参酮 I、隐丹参酮含量高于河南、山东多数产地含量<sup>[22]</sup>,丹参酮 II A 和丹酚酸 B 含量均高于四川、陕西、安徽、山东、江苏含量<sup>[23-25]</sup>。说明药材的有效成分含量与种植地的气候、土壤、海拔等多种环境因子有关。4 个不同试验地核桃林下丹参有效成分含量综合评价,最后得出综合品质排序为富恒乡石竹村(黏土) > 富恒乡白莽村(砂壤土) > 富恒乡石竹村(砂壤土) > 苍山西镇羊庄坪(砂壤土),在高海拔核桃林地丹参的综合品质评价高,但考虑到丹参的产量,建议在云南省漾濞县核桃林下发展丹参种植应选择海拔  $2000 \text{ m}$  左右的砂壤土地区。

### 4 结论

漾濞县是云南的核桃生产大县,种植面积广,在核桃林下种植的丹参主要有效成分均符合药典要求,是一种较适宜的林药种植模式。通过对不同海拔及土壤核桃林下丹参的有效成分含量进行综合评价及生长表现比较,以全面评价丹参有效成分含量在各试验地核桃林下的权重,并筛选出适宜发展丹参种植的核桃林地。结果为富恒乡石竹村(黏土) > 富恒乡白莽村(砂壤土) > 富恒乡石竹村(砂壤土) > 苍山西镇羊庄坪(砂壤土),其中海拔  $2400 \text{ m}$  富恒乡石竹村(黏土)核桃林下丹参的综合品质最好,其次是海拔  $2200 \text{ m}$  富恒乡白莽村与  $2400 \text{ m}$  富恒乡石竹村的砂壤土核桃林地,海拔  $1560 \text{ m}$  苍山西镇羊庄坪核桃林下的丹参综合品质较差,而产量则是砂壤土更高。

#### 参考文献:

- [1] 任秀峰,邱兰. 林下经济对林业总产值的影响效应研究[J]. 西南林业大学学报(社会科学),2021,5(4):51-56.

[2] 张吉平. 林下经济产业发展现状及对策[J]. 南方农业, 2021,15(26):50-51.

[3] 霍巍,曹燕. 我国林下经济发展现状综述[J]. 宁夏农林科技,2017,58(11):43-45,48.

[4] 李俊南,刘恒鹏,熊新武,等. 滇黄精在薄壳山核桃林下的生长表现[J]. 西部林业科学,2020,49(5):42-46.

[5] 肖良俊,武建林,肖靖秀. 核桃林下环境因子对滇黄精光合、产量及品质的影响[J]. 西北林学院学报,2024,39(1):108-116.

[6] 冯永兴,刘恒鹏,孟梦,等. 不同技术措施对抱茎菝葜目标产物生长量的影响研究[J]. 中国林副特产,2024(4):9-11.

[7] 代云桃,秦雪梅,郭小青,等. 不同产地不同品种丹参药材内在质量评价[J]. 山西医科大学学报,2006,37(7):716-719.

[8] 陈向荣,陆京伯,石汉平. 丹参的药理作用研究新进展[J]. 中国医院药学杂志,2001,21(1):44-45.

[9] 赵娜,郭治昕,赵雪,等. 丹参的化学成分与药理作用[J]. 国外医药(植物药分册),2007,22(4):155-160.

[10] 杭亮,王俊儒,杨东风,等. 紫花丹参和白花丹参不同部位有效成分的分布特征[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2008,36(12):217-222.

[11] 陈章,王强锋,陈强,等. 中江县丹参连作土壤细菌多样性研究[J]. 西南农业学报,2019,32(12):2890-2895.

[12] 黄勇,张红瑞,周燕,等. 不同立地类型和土壤类型对“裕丹参”生长和有效成分含量的影响[J]. 植物资源与环境学报,2017,26(1):91-96.

[13] 李岳恺,张辰露,韩蕊莲. 陕西省不同地区丹参产量及有效成分差异性研究[J]. 北方园艺,2014(19):154-156.

[14] 王道平,周欣,梁光义,等. 不同产地丹参中有效成分的含量比较[J]. 天然产物研究与开发,2005,17(1):70-72.

[15] 潘英妮,袁丹,郑成,等. 国产丹参药材质量评价研究[J]. 中国药学杂志,2007,42(18):1368-1372.

[16] 李麒. 丘陵地区马尾松林下套种丹参研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2020.

[17] 赵琦. 土壤条件对不同品系丹参产量和品质的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2016.

[18] 彭晓邦. 商洛核桃-丹参复合生态系统中丹参根际土壤微生物数量特征与酶活性研究[J]. 陕西农业科学,2016,62(3):17-21.

[19] 王超,王春荣,崔怀仙,等. 太行山核桃林药材间作试验[J]. 经济林研究,2016,34(3):181-186.

[20] 杨贵雅,薛紫鲸,张丹,等. 基于指纹图谱和多成分含量测定的丹参药材皮部和木部化学成分比较研究[J]. 中草药,2019,50(21):5328-5335.

[21] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典一部:2020年版[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:77-78.

[22] 王隼,李萍,蒲思婧. 不同产地、生长周期丹参中丹参酮类成分含量研究[J]. 广州医科大学学报,2021,49(5):97-101.

[23] 陈彻,王勇,王晶,等. 不同产地丹参药材中丹参酮ⅡA和丹酚酸B含量比较[J]. 中医学报,2014,42(1):32-34.

[24] 胡国辉. 不同产地丹参药材中四种丹参酮类成分的定性鉴别和含量测定[J]. 亚太传统医药,2021,17(5):42-46.

[25] 金樟照,祝明,张文婷,等. 不同产地丹参水溶性成分和脂溶性成分指纹图谱测定及相关性研究[J]. 中草药,2004,35(10):1174-1177.

# Standardized Planting Technology and Quality Evaluation of *Salvia miltiorrhiza* Under Walnut Forest

LIANG Linbo<sup>1</sup>, QI Xuefei<sup>2</sup>, XIONG Xinwu<sup>1</sup>, SU Lianbo<sup>1</sup>, MENG Meng<sup>1</sup>, LIU Hengpeng<sup>1</sup>

(1. Yangbi Research Institute of Walnut, Yunnan Academy of Forestry and Grassland Sciences, Dali 672500, China; 2. Yangbi Plateau Wild Resources Development and Trade Co., Ltd., Dali 672500, China)

**Abstract:** In order to realize the green and sustainable development of *Salvia miltiorrhiza*-walnut industry, and then improve farmers' economic benefits, protect forestry resources, and improve the ecological environment. Based on the needs of quality control in the production process of traditional Chinese medicine and the quality evaluation of medicinal commodities, this paper summarized the key technologies in the production process of planting *S. miltiorrhiza* under walnut forest, and determined the contents of tanshinone I, tanshinone II, cryptotanshinone and salvianolic acid in *S. miltiorrhiza* planted in four different forest lands, and evaluated the quality of *S. miltiorrhiza* by principal component factor analysis. The results showed that the standardized planting technology improved the planting effect of *S. miltiorrhiza* under walnut forest, and the content of effective components of *S. miltiorrhiza* was higher than the national pharmacopoeia standard, and there was a certain correlation between the four components; Two principal components were extracted by principal component analysis, and the cumulative variance contribution rate was 99.846%. Taking the principal component as the evaluation index, the comprehensive evaluation results showed that the comprehensive score of *S. miltiorrhiza* under walnut forest in Shizhu Village (clay) of Fuheng township was 1.416, and the quality was the best, followed by *S. miltiorrhiza* in Baiqiao Village (sandy loam) of Fuheng township.

**Keywords:** walnut; *Salvia miltiorrhiza*; under-forest economy; standardized planting; quality evaluation