

doi: 10.16104/j.issn.1673-1891.2022.04.001

不同种植模式对香榧生长及水土保持的影响

田原, 李灵欣, 余新松, 刘政, 刘璇, 姚荷婷, 汪春霞, 罗毅*

(黄山学院生命与环境科学学院, 安徽 黄山 245041)

摘要:香榧是我国特有干果树种,常以香榧-中药材复合种植模式开展经营作业。通过测定香榧-艾蒿、香榧-黄精、香榧-前胡、香榧-掌叶覆盆子的林药复合种植模式的香榧生长变化指标及土壤含水量变化特征,探究香榧生长最佳、水土保持能力最优的香榧-中药材复合种植模式,为香榧复合种植不同中药材的合理性提供借鉴。研究结果表明:香榧-艾蒿、香榧-黄精是香榧树干基径增长率最高的2种模式。不同复合种植模式、不同坡位与不同的复合种植模式的中介效应可以联合解释83.4%的林下土壤含水量变化。香榧-艾蒿复合种植模式下的香榧生长情况较好、水土保持效果最佳,开展香榧经济林的林药模式复合经营时,可以考虑采用艾蒿作为药材植物。

关键词:种植类型;经营模式;复合栽培;植物生长;土壤含水量;香榧

中图分类号:S791.53 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2022)04-0001-05

Effects of Different Planting Modes on the Growth and Soil-Water Conservation of *Torreya grandis* var. *merrillii* Hu

TIAN Yuan, LI Lingxin, SHE Xinsong, LIU Zheng, LIU Xuan,
YAO Heting, WANG Chunxia, LUO Yi*

(College of Life and Environmental Science, Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041, China)

Abstract: *Torreya grandis* var. *merrillii* Hu is a unique dry fruit tree species in China. It is usually grown together with Chinese traditional herbal plants in a compound planting mode. By measuring the growth change index of and the change characteristics of soil water content for *Torreya grandis* in the compound planting modes of *Torreya grandis* with traditional Chinese herbal plants, such as with *Artemisia argyi*, with *Polygonatum sibiricum*, with *Peucedanum praeruptorum* and with *Rubus chingii*, this study explores the compound planting mode of *Torreya grandis* and Chinese herbal plants with the best growth and soil-water conservation ability, so as to provide a reference for the rationality of the compound planting of *Torreya grandis* and different Chinese herbal plant. The study results show that *Torreya grandis* - *Artemisia argyi* and *Torreya grandis* - *Polygonatum sibiricum* are the two compound planting modes with the highest growth rate of base diameter of *Torreya grandis*. The intermediary effects of different compound planting modes, different slope positions and different compound planting modes can jointly explain 83.4% of the changes of soil water content under the forest. In the *Torreya grandis* - *Artemisia argyi* mode, *Torreya grandis* grows better and has the best soil water conservation capacity. Therefore, when conducting operation of compound planting *Torreya grandis* and a medicinal herbal plant, *Artemisia argyi* can be considered as a first choice from any medicinal herbal plants.

Keywords: planting mode; business mode; compound planting; plant growth; soil water content; *Torreya grandis* var. *merrillii* Hu

香榧(*Torreya grandis* var. *merrillii* Hu)是皖南地区重要的干果树种之一,具有很高的经济价值^[1]。

在香榧林经营过程中,复合种植模式改变了传统的单一植物种植模式,为复合种植的植物营造了良好

收稿日期:2022-03-06

基金项目:中央财政林业科技推广示范项目(175070050002);安徽省教育厅一般项目(KJHS2021B01);黄山学院人才启动项目(2020xkj010,2020xkj012);国家基金培育项目(2021GJYY003)。

作者简介:田原(1990—),男,内蒙古呼和浩特人,讲师,博士,研究方向:森林经理学。*通信作者:罗毅(1984—),男,安徽合肥人,讲师,博士,研究方向:土壤环境。

的适生环境^[2],是具有可持续经营特征的集约型经济林经营方式^[3]。其与香榧经济林纯林种植模式相比,具有更高的生态效益及经济效益^[4]。采用复合种植模式可以改善土壤养分水平^[5],香榧林下土壤养分情况虽然不会直接影响到香榧树体养分的化学计量^[6],但可以有效改善香榧生长状况^[7-8]。复合种植模式可以改变土壤水分入渗能力^[9],对生态环境加以改善,减少水土流失^[4],避免山体滑坡等现象发生,起到水土保持的效果。

皖南地区是香榧扩大栽培的重点区域^[10],该地区适生多种中药材^[11]。香榧-中药材的复合种植模式适宜在皖南地区采用^[12],该复合种植模式可以提高种植的直接经济效益并且可以避免中药材种植过程中产生连作障碍^[13]。目前,香榧复合种植多种中药材的林药复合种植模式已被广泛使用,但不同林药复合种植模式的香榧生长变化及林下土壤水分变化特征有所不同,促进香榧生长、水土保持效果最佳的林药复合种植模式尚不清楚。本研究通过测定4种香榧-中药材复合种植模式的香榧生长变化指标及土壤含水量变化特征,探究香榧生长最佳、水土保持能力最优的复合种植模式,为香榧复合种植不同中药材的合理性提供借鉴,为林药复合种植模式经营管理提供支持。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于安徽省黄山市休宁县鹤城乡的杂木降香榧基地(117°39'55'' E, 29°37'26'' N)。该地区属亚热带季风气候,年平均气温为16.2℃,年平均空气相对湿度为72%。年降水量为1 600~1 800 mm,降水主要集中在春夏两季,年蒸发量1 400~1 550 mm,年平均日照时数1 931.4 h。杂木降香榧基地为低山地貌,海拔200~800 m,土壤为山地黄壤,开阔度小,适宜栽培香榧,香榧经济林面积40.3 hm²。

1.2 数据采集

杂木降香榧基地香榧已于2016年进行香榧的种植。2020年开始采用复合经营模式进行林药复合种植模式探索,在香榧林下分别复合种植艾蒿(*Artemisia argyi* Lévl. et Van.)、黄精(*Polygonatum sibiricum* Delar. ex Redoute)、前胡(*Peucedanum praeruptorum* Dunn)、掌叶覆盆子(*Rubus chingii* Hu)等中药材。以香榧-艾蒿、香榧-黄精、香榧-前胡、香榧-掌叶覆盆子4种复合种植模式展开研究调查。每种复合种植模式均设置1块40 m×40 m的固定观

测样地。采用“Z”字式系统抽样的方式从每个样地中各选取10株样树。使用铁丝固定带有序号的铝制树牌,对所有样树进行编号,便于样树本底数据调查及每木检尺复测工作的开展。于2021年4月20日、2022年1月2日对全部样树的株高、树干基径、新生枝枝长生长量、分枝新芽数4项生长变化指标进行测量与观测。树干基径为采用游标卡尺测量的香榧地表处树干直径,新生枝枝长生长量为4个方向新生枝枝长生长量的均值。于2021年9月25日使用土钻、铝盒等进行4种复合种植模式的香榧林土壤的取样。每种复合经营种植模式在坡上、坡中、坡下各设置1块10 m×10 m的土壤取样临时实验样地,共设置12块样地。每个土壤取样临时实验样地均采用“Z”字式系统抽样的方式进行15个20 cm深度的土壤样品的采集。土壤样品采集后当场称重,后期烘至恒重记录干重,通过水分差值计算土壤含水量。

1.3 数据处理与分析

进行不同复合种植模式的香榧生长变化指标及林下土壤含水量的描述性统计,计算不同复合种植模式下的香榧株高、基径年增长量、新生枝枝长生长量、分枝新芽数、土壤含水量的均值、标准差、变异系数。进行不同复合种植模式下的香榧生长变化指标的单因素方差分析及多重比较。使用双因素方差分析及多重比较的方法分析不同年份、不同复合种植模式下的香榧基径的差异性以及不同坡位、不同复合种植模式下的林下土壤含水量的差异性。使用最小显著差异法进行数据的多重比较。采用SPSS 18.0、Origin 9.0进行数据分析与制图。

2 结果与分析

2.1 不同林药复合种植模式下的香榧生长

不同林药复合种植模式下的香榧生长变化存在异同点,如表1所示。香榧-艾蒿与香榧-掌叶覆盆子、香榧-黄精与香榧-掌叶覆盆子间的香榧基径年增长量差异具有统计学意义($P < 0.05$),香榧-掌叶覆盆子复合种植模式下香榧基径年增长量低于香榧-艾蒿、香榧-黄精复合种植模式,其他复合种植模式间的香榧基径年增长量差异不具有统计学意义($P \geq 0.05$)。香榧-黄精复合种植模式下的香榧基径年增长量的株间变异最高,变异幅度达76.96%,该复合种植模式下的香榧间的基径生长量可能会有较大的空间异质性,而香榧-黄精复合种植模式下的香榧基径年增长量的株间变异相对较小,变异幅度为61.23%。香榧-前胡种植模式下的

香榧新生枝枝长生长量与其他3种复合种植模式下的香榧新生枝枝长生长量的差异具有统计学意义($P < 0.05$),香榧-前胡种植模式下的香榧新生枝枝长生长量低于其他3种模式下的香榧新生枝枝长生长量,其他复合种植模式间的香榧新生枝枝长生长量差异均不具有统计学意义($P \geq 0.05$)。香榧-艾蒿、香榧-黄精、香榧-前胡、香榧-掌叶覆盆子4种复合种植模式下,不同林药复合种植模式下的香榧株高

及分枝新芽数均不具有统计学意义($P \geq 0.05$)。香榧-掌叶覆盆子复合种植模式下的香榧基径年增长量相对较低、株间生长差异较大,香榧-前胡复合种植模式下的香榧新生枝枝长生长量较小,以香榧保持较好的生长状态为复合经营目标时,均不是理想的复合种植模式。香榧-艾蒿、香榧-黄精是4种复合种植模式中香榧生长效果最好的2种模式。

表1 香榧生长变化指标的描述性统计及差异显著性检验

复合种植模式	株高/cm		基径年增长量/cm		新生枝枝长生长量/cm		分枝新芽数/n	
	均值 ± 标准差	变异系数/%	均值 ± 标准差	变异系数/%	均值 ± 标准差	变异系数/%	均值 ± 标准差	变异系数/%
香榧-艾蒿	171.3±27.19 a	15.87	2.33±1.43 a	61.23	21.4±5.40a	25.23	4.3±1.57 a	36.44
香榧-黄精	172.8±19.87 a	11.50	1.98±1.52 a	76.96	22.2±5.98 a	26.93	4.4±1.17 a	26.68
香榧-前胡	153.3±19.78 a	12.90	1.71±1.07 ab	62.59	14.1±2.96 b	21.00	4.6±1.07 a	23.37
香榧-掌叶覆盆子	164.5±26.50 a	16.11	1.02±0.73 b	71.42	18.8±2.90 a	15.42	4.7±0.95 a	20.18

注:同列不同小写字母表示差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 不同林药复合种植模式下的香榧基径特征

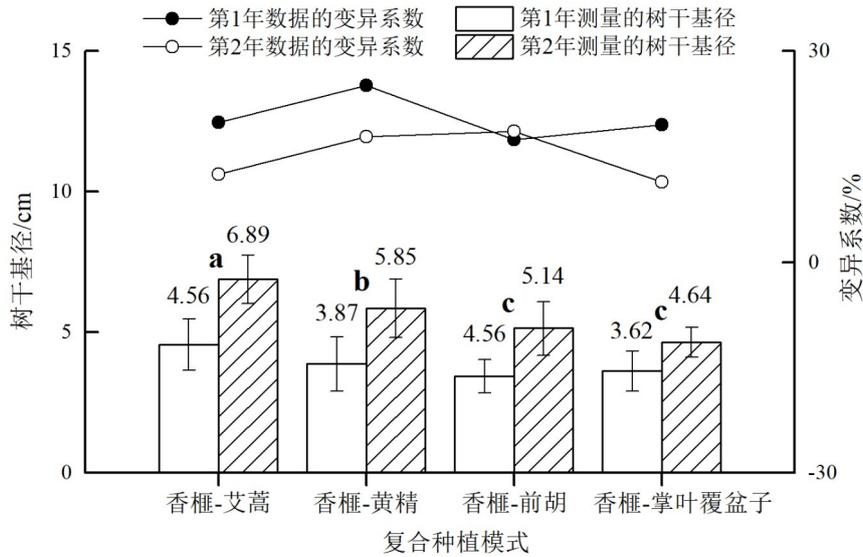
不同年份、不同复合种植模式对香榧基径生长的影响不存在交互作用,年份变化与采用不同的复合种植模式可以联合解释65.8%的香榧基径变异,如表2所示。香榧-前胡复合种植模式下的香榧树干基径与香榧-掌叶覆盆子复合种植模式下的香榧树干基径差异不具有统计学意义($P \geq 0.05$),其他复合种植模式间的香榧基径差异具有统计学意义($P < 0.05$)。第2年的复合种植模式的香榧树干基径值与第1年的复合种植模式的香榧树干基径值相比,如图1所示,不同复合种植模式的香榧树干基径值增长之间的差异具有统计学意义($P < 0.05$)。在不同复合种植模式下香榧树干基径增长率有所不同。第2年的香榧-艾蒿、香榧-黄精、香榧-前胡、香榧-掌叶覆盆子4种复合种植模式的香榧树干基径值与

第1年的香榧树干基径值相比,第2年树干基径增长率分别为51.10%、51.16%、49.85%、28.18%。香榧-黄精种植模式下香榧树干基径增长率最高,香榧-艾蒿种植模式下香榧树干基径增长率略低于香榧-黄精种植模式下香榧树干基径增长率。4种复合种植模式在不同年份下的香榧树干基径的变异幅度为11.41%~25.11%。香榧-艾蒿、香榧-黄精、香榧-掌叶覆盆子的复合种植模式下,第2年的香榧树干基径的变异幅度相比第1年的香榧树干基径的变异幅度有所减小。香榧-前胡复合种植模式下2年的香榧树干基径的变异幅度较为接近。4种复合种植模式中,香榧-艾蒿、香榧-黄精是香榧树干基径增长率最高的2种模式,香榧-前胡是不同香榧株间基径差异最小的复合种植模式。

表2 不同林药复合种植模式、不同年份的香榧基径的主体间效应的检验

类别	F值	P值	R ² 值
复合种植模式	14.776*	0	0.21
观测年度	87.834*	0	0.417
复合种植模式&观测年度	2.182	0.098	—
校正的总和	—	—	0.658

注:*表示差异具有统计学意义($P < 0.05$)。



注:在不同年份和复合种植模式2种因素作用下,不同观测年份间的树干基径的差异具有统计学意义($P < 0.05$);图中含有不同小写字母表示不同复合种植模式之间的差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

图1 不同林药复合种植模式的香榧基径特征

2.3 不同林药复合种植模式、不同坡位的林下土壤含水量变化

不同复合种植模式、不同坡位对林下土壤含水量变化的影响具有交互效应,不同复合种植模式间的林下含水量的差异性随着坡位的变化发生变化,如表3所示。不同坡位对林下土壤含水量变化的主效应不具有统计学意义($P \geq 0.05$)。不同复合种植模式对林下土壤含水量变化的主效应影响具有统计学意义($P < 0.05$)。不同复合种植模式、不同坡位与不同的复合种植模式的中介效应可以联合解释83.4%的林下土壤含水量变化。

不同复合种植模式、不同坡位的林下土壤含水量有所不同,如表4所示。香榧-艾蒿、香榧-黄精、香榧-前胡、香榧-掌叶覆盆子复合种植模式的林下土壤含水量变化范围分别为0.18~0.28、0.19~0.31、0.15~0.22、0.14~0.22。不同复合种植模式的林下土壤含水量空间变异系数的最大值、最小值均出现在下坡位。香榧-前胡复合种植模式在坡下位的土壤含水量变异幅度最小,为1.09%,香榧-黄精复合种植模式在坡下土壤含水量变异幅度最大,为19.13%。复合种植模式、坡位因素互作下的不同复合种植模式间的土壤含水量存在差异。上坡位的香榧-前胡复合种植模式与香榧-掌叶覆盆子复合种植间的林下土壤含水量差异不具有统计学意义($P \geq 0.05$),其他上坡位的复合种植模式间的差异性均具有统计学意义($P < 0.05$)。中坡位的香榧-黄精复合种植模式与其他复合种植间的林下土壤含水

量差异具有统计学意义($P < 0.05$),其他中坡位的复合种植模式间的差异性均不具有统计学意义($P \geq 0.05$)。下坡位的不同复合种植模式间的林下土壤含水量差异不具有统计学意义($P \geq 0.05$)。在香榧-艾蒿、香榧-黄精复合种植模式下,林下土壤含水量随着坡位下降而降低。香榧-前胡、香榧-掌叶覆盆子复合种植模式下,坡中与坡下的林下土壤含水量水平要高于坡上的林下土壤含水量水平。香榧-艾蒿、香榧-黄精复合种植模式下的含水量整体水平较高,且土壤水分没有随着地势作用快速流到下坡位,是4种复合种植模式中水土保持效果最好的2种模式。

表3 不同林药复合种植模式、不同坡位的香榧林下土壤含水量的主体间效应的检验

类别	F值	P值	R ² 值
复合种植模式	24.501*	0	0.611
坡位	2.544	0.1	0.042
复合种植模式&坡位	6.939*	0	0.346
校正的总和	—	—	0.834

注:*表示差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

3 讨论与结论

香榧-艾蒿复合种植模式与香榧-黄精复合种植模式是4种复合种植模式中香榧生长、水土保持效果最好的2种模式。开展香榧林的林药模式复合经营时,可以根据实际情况,考虑采用艾蒿或黄精

表4 不同复合种植模式、不同坡位因素下的香榧林下土壤含水量描述性统计

复合种植模式	坡位					
	B ₁		B ₂		B ₃	
	均值 ± 标准差	变异系数/%	均值 ± 标准差	变异系数/%	均值 ± 标准差	变异系数/%
A ₁	0.26±0.03	11.03	0.22±0.02	9.12	0.2±0.03	15.49
A ₂	0.3±0.01	2.14	0.27±0.01	4.17	0.23±0.04	19.13
A ₃	0.16±0.01	6.63	0.21±0.01	6.17	0.2	1.09
A ₄	0.16±0.02	13.17	0.21±0.01	5.09	0.21±0.02	10.43

注:A₁表示复合种植模式,A₁为香榧-艾蒿,A₂为香榧-黄精,A₃为香榧-前胡,A₄为香榧-掌叶覆盆子;B_j表示坡位,B₁为坡上,B₂为坡中,B₃为坡下。

作为复合种植的药材植物。香榧-黄精复合种植模式是一种广泛采用的林药复合经营模式,该模式可以有效促进香榧生长^[14]、增加土壤含水量^[15],该结果与本研究一致。但香榧-黄精复合种植模式与香榧-艾蒿复合种植模式相比,在黄精收获过程中,在水源涵养与水土保持方面具有一定的劣势。黄精药用部分为其根茎^[16],其在春季、秋季采收过程中,需要将其从种植的穴中挖取。尽管黄精收获后进行土壤回填,但仍会导致土壤紧实度降低,从而降低香榧-黄精林型的水土保持能力。香榧林下土壤有机质会直接影响土壤肥力^[17],决定香榧的长势。黄精收获过程中对土壤结构的破坏使土壤有机质

氧化,降低林下土壤对香榧的养分供给能力^[6]。虽然皖南地区适宜黄精种植^[18],但研究区位于新安江源头,复合种植模式的水源涵养作用是香榧林复合经营模式选取过程中需要着重考虑的因素,香榧-艾蒿复合种植模式可能是最适宜在注重生态效益的区域开展林药复合种植的经营模式。

不同复合种植模式下的香榧生长变化有所不同,林下土壤含水量存在差异,本研究初步探讨不同复合种植模式对香榧生长及林下不同坡位含水量的作用。香榧-艾蒿复合种植模式下的香榧生长情况、水土保持效果最好,开展香榧经济林的林药模式复合经营时,可以考虑采用艾蒿作为药材植物。

参考文献:

- [1] 黄一承,李晓磊,李丹. 香榧生物活性成分及生理功能研究进展[J]. 中国调味品, 2021, 46(8): 185-188.
- [2] TURNBULL L A, ISBELL F, PURVES D W, et al. Understanding the value of plant diversity for ecosystem functioning through niche theory[J]. Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences, 2016, 283(1844): 20160536.
- [3] ISBELL F, ADLER P R, EISENHAUER N, et al. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems[J]. Journal of Ecology, 2017, 105(4): 871-879.
- [4] 卢玉鹏,高柱,张小丽,等. 果园生态系统复合经营的开展模式及生态机制综述[J]. 中国果树, 2021(12): 9-15.
- [5] 黄优,王进鑫,冯树林,等. 不同林草复合配置对长柄扁桃林地土壤养分和酶活性的影响[J]. 水土保持通报, 2019, 39(4): 54-60+67.
- [6] 原雅楠,李正才,王斌,等. 不同品种榧树针叶-土壤C、N、P生态化学计量特征研究[J]. 林业科学研究, 2020, 33(6): 49-56.
- [7] 赵燕,刘千玲,陈田甜,等. 施肥对香榧枝梢生长和结实量的影响[J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(3): 26-29+61.
- [8] 陈佳妮,廖亮,黄增冠,等. 香榧与榧树叶片光合特性及其光保护机制的比较[J]. 林业科学, 2015, 51(10): 134-141.
- [9] 孟凡旭,王树森,马迎梅,等. 不同果农复合种植模式土壤入渗能力及其影响因素[J]. 干旱区研究, 2020, 37(6): 1469-1477.
- [10] 曾燕如,周根土,黎章矩,等. 皖南山区发展香榧产业的优势和途径[J]. 经济林研究, 2015, 33(4): 152-156.
- [11] 吕洁华,关俊威. 林下中草药产业链研究综述[J]. 林业经济, 2015, 37(7): 82-85.
- [12] 万修福,杨野,康传志,等. 林草中药材生态种植现状分析及展望[J]. 中国现代中药, 2021, 23(8): 1311-1318.
- [13] 何雅祺,王鑫鑫,张弛,等. 间作、套种模式在中药材栽培中的效应研究进展[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(4): 1077-1083.
- [14] 阙利芳,张慧玲,吴国华,等. 香榧幼林的复合套种试验[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(4): 686-687+727.
- [15] 刘雅洁. 香榧-黄精复合经营对土壤理化性质及微生物群落的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2021.
- [16] 马存德,常晖,杨祎辰,等. 经典名方中黄精的本草考证[J/OL] (2021-09-03)[2022-03-06]. 中国实验方剂学杂志. <https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20211865>
- [17] 张雨洁,王斌,李正才,等. 天然次生林改造成香榧林对土壤活性有机碳的影响[J]. 生态环境学报, 2019, 28(4): 709-714.
- [18] 程鹤,刘峻麟,徐君,等. 安徽省多花黄精适生区研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2021, 28(9): 6-10.