

林药复合系统研究进展*

王冉^{1,2} 王玥² 谭锦豪² 罗晓嵩²
苏艳² 李吉跃² 何茜²

(1. 河南省森林航空消防站, 河南 郑州 450003; 2. 华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642)

摘要 林下经济属于新时代的产物, 作为增加农民收入、解决环境问题和缓解土地资源紧缺的重要工具。林药复合模式是我国最具林业特色的林下经济发展模式之一, 在相关政策的推动下, 已取得明显成效。文章基于国内外对林药复合系统的研究结果, 结合实施该复合模式所取得的经验及成效, 从林地环境对药材生长及有效成分的影响、林下药材种植对周围环境的影响及林下种植药材对林木生长生理的影响等方面进行了综述。

关键词 林药复合系统; 林下经济; 中药材; 林下植物

中图分类号: S759 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2019) 04-0128-04

Research Progress on Tree-herb Plantation

WANG Ran^{1,2} WANG Yue² TAN Jinhao² LUO Xiaotong²
SU Yan² LI Jiyue² HE Qian²

(1. Henan Forest Aviation Fire Station, Zhengzhou, Henan 450003, China;

2. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

Abstract Under-forests economy belongs to the product of new era, as increasing farmers' income, solving environmental problems, and the important tool of ease the shortage of land resources. Forest-medicinal herb composite pattern is main form of under-forest economy. This pattern has achieved significant results under relevant support policies. Currently, correlational studies of tree-herb plantation have been concentrated on impacts of forest environment to herbal medicine and forest-medicinal herb planting to surrounding and forests, experience and achievement of the pattern. This paper summarizes the research achievements of tree-herb plantation, making some suggestions for the pattern about variety selection, technical requirements, cultivation area and quality control.

Key words tree-herb plantation; forest economy; medicinal herb; undergrowth plant

近年来, 在政府大力支持和指导下, 我国林下经济项目及产业蓬勃发展, 林下经济是一种人工生态经济复合系统, 具有投入小、见效快的经济特点, 林药复合经营模式(林地间作套种药用植物)是最具林业特色的林下经济发展模式之一,

该模式是将适宜林下生长的药用植物重新种到自然环境下进行野生化栽培^[1], 在充分利用林地资源的同时使野生药用植物资源得到恢复。林药复合经营模式是以短养长, 弥补了林木生产周期长、见效慢的缺点, 是实现生态林业和绿色中药材可

* 基金项目: 广东省林业科技创新专项资金重点项目(2015KJJCX032; 2018KJJCX016)、广州市科技计划项目(201610010173)

第一作者: 王冉(1985—), 女, 工程师, 主要从事森林生态、林下经济与林业信息化研究, E-mail: 243671169@qq.com。

通信作者: 何茜(1981—), 女, 副教授, 主要从事森林生态与林下经济研究, E-mail: heqian69@126.com。

持续发展的重要途径, 在系统内增加药材生产, 保护生物多样性, 提高土壤肥力和水的质量^[2], 具有良好的经济效益、生态效益和社会效益。

1 林药复合经营的林地选择

从事林药复合经营的林地的选择需因地制宜, 结合林地及药用植物生长特性, 选择最适宜的种植模式。在干旱半干旱地区, 耐旱型灌木与药用植物复合种植是该地区主要的复合经营模式, 例如, 甘草 *Glycyrrhiza uralensis* 与柠条 *Caragana korshinskii* 等灌木树种复合种植, 取得良好效果^[3]; 在退耕还林林区, 林分相对单一且林龄小, 可以用地面空间多, 可以选择栽培技术成熟的药用植物; 在禁草禁牧次生经济林林区, 林分多为多年乔木次生林和经济林, 该地区适宜于复合种植耐阴性强的药用植物。林药复合种植模式在我国丘陵地区类型繁多, 东北山区林参复合种植模式实施的较为广泛^[4]; 华北地区有杨树与药用植物(桔梗 *Platycodon grandiflorus*、丹参 *Salvia miltiorrhiza*、知母 *Anemarrhena asphodeloides*) 等复合种植模式; 杉木 *Cunninghamia lanceolata* 与黄连 *Coptis chinensis* 等药用植物复合种植模式在我国南方地区比较常见; 在海南和雷州半岛地区, 有橡胶 *Hevea brasiliensis* 与砂仁 *Amomum villosum* 复合种植模式。

2 不同树龄的林木与药用植物复合经营模式

幼龄林木树冠小, 未达到一定的郁闭度, 可在林地间隙种植植株矮小、喜阳、生长周期短的药用植物(甘草、板蓝根 *Isatis tinctoria* 等), 这时复合种植既可减少土壤养分流失、抑制杂草生长, 又能增加收益^[5]; 随着树木的生长, 郁闭度增大一些, 这时可种植一些半喜阳的药用植物。在中龄林中, 林行距内形成了较荫蔽的环境, 此时适宜复合种植喜湿耐荫的药用植物(半夏 *Pinellia cordata*)^[6]。在成熟林中, 通常郁闭度很大, 应选择喜荫或耐荫的药用植物。赵福玲^[7]结合丹东林区自然条件, 通过多年实践探索提出了老龄林下复合种植辽细辛 *Asarum heterotropoides* var. *mandshuricum* 复合经营模式, 该模式在生产实践中已得到广泛推广与应用。

3 林药复合经营效应研究

3.1 林药复合经营对土壤特性的影响

土壤是林木生长的基础, 林药复合经营可以提高复合系统内土壤养分、改善土壤理化结构, 进而促进林木生长^[8]。林药复合经营可以提高该系统内土壤有机物含量及土壤养分含量, Gupta^[9]对以杨树为基础的复合系统中土壤有机碳进行研究, 发现随着树木年龄的增加, 土壤有机碳含量增加; 尚瑛等^[10]的研究表明, 林药复合经营可以降低该区域土壤的 pH 值, 同时增加土壤有机物含量; 李晨晨等^[11]对不同林药复合经营模式对杉木生态公益林土壤理化性质的改良效果研究结果显示, 复合经营模式中林地土壤有机质、有效氮、速效钾、全钾和全磷质量分数均比纯林有所提高。同时, 林药复合经营还可以提高系统内植物的水分利用率^[12-13], 因为林木的根系在土壤垂直分布时远深于药用植物, 因此林木根系从更深的土壤层中吸收水分, 不影响药用植物根系吸收利用土壤水分。

土壤质量与土壤的生物学特性密切相关, 土壤微生物数量、酶活性等生物学特性能够更敏感地对土壤质量的变化做出响应^[14]。Lauber 等^[15]指出, 土地利用变化是影响地下微生物多样性的重要因素之一, 同时, 土壤微生物作为反映土壤肥力的重要指标之一, 与土壤有机质分解、腐殖质形成、土壤养分转化和循环密切相关^[16-17]。土壤酶活性是土壤生物学活性的总体现, 土壤的微小变动均会引起其活性变化^[18-19], 能够客观地评价土壤肥力水平^[20]。Paudel 等^[21-22]的研究指出通过复合经营, 可以改善该复合系统内土壤酶活性和微生物数量。

3.2 林药复合经营对林木的影响

林药复合经营对林地及药用植物进行集约化管理, 改善了林木的生长环境, 很多中药材具有特殊的气味, 这对害虫的控制起着综合作用^[23]。蔡静等^[24]研究表明, 杨树林内套种连钱草、野马追 *Eupatorium lindleyanum* 对天牛控制效果显著。林药复合种植可以提高系统内光能利用率, 降低系统内温度, 防止水土流失, 减少地表水分蒸发, 提高相对湿度, 对系统内林木的生长起促进作用^[25]。

3.3 林药复合经营对药材产量和品质的影响

许多学者的研究证明,林药复合经营模式对药用植物的生理生长产生影响,药材的质量也会发生变化。徐立军^[26]对板栗 *Castanea mollissima* 与掌叶半夏 *Pinellia tenore* 复合种植对半夏药材产量和质量影响的生理生态学机制进行了探讨,试验结果表明株行距为 3 m × 5 m 处理的掌叶半夏的药材产量最高,总生物碱、多糖在复合系统中含量最高,这说明适宜的复合经营配置能够促进总生物碱和多糖含量的积累。倪乐^[27]研究了不同林药复合经营模式对雷公藤 *Tripterygium wilfordii* 各部位甲素含量动态变化的影响,厚朴 *Magnolia officinalis* 林下套种雷公藤模式可以增加雷公藤根和叶中的雷公藤甲素含量,马尾松林下雷公藤复合经营可以降低雷公藤茎和根中的雷公藤甲素含量,杉木林下雷公藤复合经营可以增加雷公藤叶片雷公藤甲素含量,减少茎雷公藤甲素含量^[28]。同时,林药复合系统内的植物根系分泌物释放及凋落物分解可以改善该系统内土壤微生物群落结构、提高土壤酶活性,缓解连作障碍,进而提高药用植物的产量与品质^[29-30]。

3.4 林药复合经营的效益

在经济效益上,合理的林药复合种植模式能够高效利用空间,使二者的产量增加,能在较短时间内获得良好经济收益,这对促进地方经济发展和林农增收具有重要的现实意义^[31-32];在生态效益上,多层次的立体结构能够有效提高系统内空气湿度、光能利用率和生态空间利用率,增强抗灾能力^[33-34],降低系统内温度,提高林地土壤肥力,改良土壤理化性质,使林地植物呈良好迅速生长态势,改善生态环境,减缓和适应气候变化,使该系统生态达到良性循环^[35-36]。在社会效益上,多种类型的种植经营模式和不同产业的结合,可以促进新型产业结构的调整,收到社会广泛的好评^[37]。

4 结论与讨论

林药复合系统是一个开放式多目标、多功能、可持续发展的人工复合生态经济系统,作为一种有效的可持续发展的土地利用和系统内发挥生物之间共生互利与边际增产等方面的综合生产途径已引起世界各地普遍重视,在生产中起着重要作用。林药复合系统内配置组合模式灵活,不额外

占用地区,在经营方式上易于实施,同时缩短了经济收益周期。林药复合经营可以提高该系统内土壤有机物含量、土壤养分含量、酶活性及土壤微生物数量,增强系统抗性,对药用植物的产量和质量均有积极的促进作用。目前,全球对林药复合经营的研究仍处于高速发展阶段,但有许多方面还有待加强,特别是在我国急需开展研究的领域有系统中营养元素的循环、复合经营模式对土壤生物群落的影响、复合经营系统的管理、环境效应、经济效应等,开展这些方面的研究,可为我国林药复合经营提供理论支持和精准技术指导。

参考文献

- [1] 赵玉彩. 浅谈间作、套种、轮作[J]. 生物学教学, 2005, 30(9): 69.
- [2] Nair P K R, Nair V D, et al. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration[J]. Plant Nutrition and Soil Science. 2009, 172: 10-23.
- [3] 李晓霞. 中药材GAP立体种植模式值得推广[J]. 山西农业(致富科技), 2008, 13(5): 45.
- [4] 马云秀, 谭立福, 崔福有. 林参间作两种栽培方法与造林问题探讨[J]. 吉林林业科技, 1997(4): 26-27.
- [5] 房用, 慕宗昭, 蹇兆忠. 林药间作及其前景[J]. 山东林业科技, 2006(3): 60; 101.
- [6] 杜方岭, 王文亮, 王志芬. 山东省高速公路两侧绿化带林药间作模式探讨[J]. 现代农业科技, 2008(18): 81-82.
- [7] 赵福玲. 辽细辛林下种植模式[J]. 中草药, 2010(5): 54.
- [8] 孟祥楠, 赵雨森. 农林复合经营对土壤化学性质的影响[J]. 防护林科技, 2006(4): 38-40.
- [9] Naveen G, Kukal S S, Bawa S S, et al. Soil organic carbon and aggregation under poplar based agroforestry system in relation to tree age and soil type[J]. Agroforestry Systems, 2009, 76 (1): 27-35.
- [10] 尚瑛, 杨鹏鸣. 3种间作方式对林地土壤及作物产量的影响[J]. 现代农业科技, 2011(1): 222-224.
- [11] 李晨晨, 周再知, 梁坤南, 等. 不同林药复合经营模式对杉木生态公益林土壤理化性质的改良效果[J]. 浙江农林大学学报, 2018, 35(1): 51-59.
- [12] LIU B, SHAO M. Estimation of soil water storage using temporal stability in four land uses over 10 years on the loess plateau, China[J]. Hydrol, 2014, 517: 974-984.
- [13] WU J N, LIU W J, CHEN C F. Below-ground interspecific competition for water in a rubber agroforestry sys-

- tem may enhance water utilization in plants[J].Scientific Reports, 2016(6): 19502.
- [14] Bardget R D, van der Putten W H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning[J]. Nature , 2014, 515: 505-511.
- [15] Lauber C L, Strickland M S, Bradford M A, et al. The influence of soil properties on the structure of bacterial and fungal communities across land-use types[J].Soil Biol Biochem, 2008, 40: 2407-2415.
- [16] Acosta -Martinez V, Burow C, Zobeck T M, et al. Soil microbial community and function in alternative systems to continuous cotton[J]. Soil Science Society of America Journal, 2010, 74(4): 1181-1192.
- [17] Jangid K, Williams M A, Franzluebbers A J, et al. Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties[J].Soil Biol Biochem, 2011, 43: 2184-2193.
- [18] Avidano L, Gamalero E, Cossa G. P, et al.Characterization of soil health in an Italian polluted site by using microorganisms as bioindicator[J]. Applied Soil Ecology, 2005, 30(1): 21-31.
- [19] 刘恩科, 赵秉强, 李秀英, 等. 长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J]. 植物生态学报, 2008(1): 176-182.
- [20] Makoi J H, Ndakidemi P A . Selected soil enzymes: examples of their potential roles in the ecosystem[J]. African Journal of Biotechnology, 2008, 7: 181-191.
- [21] Paudel B R, Udawatta R P, Anderson S H. Agroforestry and grass buffer effects on soil quality parameters for grazed pasture and row-crop systems [J].Applied Soil Ecology, 2011, 48(2): 125-132.
- [22] Paudel B R, Udawatta R P, Kremer R J, et al. Soil quality indicator responses to row crop, grazed pasture, and agroforestry buffer management[J]. Agroforestry Systems, 2012, 84(2): 311-323.
- [23] 罗长维, 李昆. 人工林物种多样性与害虫的控制[J].林业科学, 2006, 42(8): 109-115.
- [24] 蔡静, 蔡琴. 林药套种可增效防虫[J]. 中国林业, 2007(18): 38.
- [25] 丁米田, 梁臣, 任宏伟, 等. 仁用杏、中药材立体种植模式对气象因子的影响[J]. 农家之友(理论版), 2009(1): 19-20.
- [26] 徐立军. 林药间作对掌叶半夏产量和质量的影响及生理生态机制研究[D].北京: 北京中医药大学, 2011.
- [27] 倪乐. 不同套种模式对雷公藤林地土壤养分、雷公藤甲素及光合特性影响研究[D].福州: 福建农林大学, 2013.
- [28] 史艳财, 李承卓, 邹蓉, 等.中药材间作种植模式研究进展[J].北方园艺, 2012(16): 180-183.
- [29] 付学鹏, 吴凤芝, 吴瑕, 等.间套作改善作物矿质营养的机理研究进展[J].植物营养与肥料学报, 2016, 22(2): 525-535.
- [30] 陈玲, 董坤, 杨智仙, 等.连作障碍中化感自毒效应及间作缓解机理[J].中国农学通报, 2017, 33(8): 91-98.
- [31] 唐艺玲, 雷晓青, 李雪芹, 等.中药材与其他植物间作的效益及机理研究进展[J].中药材, 2019(3): 694-698.
- [32] 刘新华. 适宜退耕还林间作的药用树种: 金银花[J].中国医科大学学报, 2003(1): 45-49.
- [33] Thevathasan N V, Gordon A M. Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: experiences from southern Ontario, Canada[J].Agroforestry Systems, 2004, 61-62(1-3): 257-268.
- [34] Baah-Acheamfour M, Carlyle C N, Bork E W, et al. Trees increase soil carbon and its stability in three agroforestry systems in central Alberta, Canada[J]. Forest Ecology and Management, 2014, 328: 131-139.
- [35] Verchot L V, Noordwijk M, Kandji S, et al. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry[J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2007, 12 (5): 901-918.
- [36] Kutwayo D, Chemura A, Kusena W, et al. The impact of climate change on the potential distribution of agricultural pests: the case of the coffee white stem borer (*Monochamus leuconotus* P.) in Zimbabwe[J]. PLoS One, 2013, 8(8): e73432.
- [37] Zomer R J, Trabucco A, Wang M, et al. Environmental stratification to model climate change impacts on biodiversity and rubber production in Xishuangbanna, Yunnan, China[J]. Biological Conservation, 2014, 170: 264-273.