

DOI: 10.5846/stxb201807171547

刘朋虎, 罗旭辉, 王义祥, 张文锦, 王定峰, 翁伯琦. 山区茶园“生产-生态-生活”要素有效耦合及其技术对策探讨. 生态学报, 2019, 39(19): - .  
Liu P H, Luo X H, Wang Y X, Zhang W J, Wang D F, Weng B Q. Research on the construction and technical measures of the coupling of production-ecology-life at Mountain Tea Garden. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(19): - .

# 山区茶园“生产-生态-生活”要素有效耦合及其技术对策探讨

刘朋虎<sup>1,3</sup>, 罗旭辉<sup>2,3</sup>, 王义祥<sup>2,3,\*</sup>, 张文锦<sup>3,4</sup>, 王定峰<sup>4</sup>, 翁伯琦<sup>2,3,\*</sup>

1 福建农林大学生命科学学院, 福州 350002

2 福建省农业科学院农业生态研究所, 福州 350003

3 福建省红壤山地农业生态过程重点实验室, 福州 350003

4 福建省农业科学院茶叶研究所, 福安 355015

**摘要:**通过下乡调研,总结并分析福建省山区茶园成功的经验与面临的挑战;主要针对山地茶园存在水土流失与茶园经营单一及生产质量有待提高等突出问题,结合笔者开展红壤山地生态复合茶园的研究成果与推广经验,提出了新时期发展山区“生产-生态-生活”耦合茶园(简称“三生”)的总体思路,并系统阐述了“三生”耦合茶园的内涵,其是按照生态经济学的原理,通过茶园系统内部各结构要素的优化组合,促进其在时序有效链接、空间合理布局和生产生态匹配中产生正向联系和优势叠加作用,实现山区茶园生产、生态、生活功能的影响挖掘与充分利用,形成山区茶园整体性的耗散结构与有序性耦合链接的特定农业开发系统。从科学开垦与水肥调控工程、水土保持与立体种养工程、生态恢复与地力保育工程、水分涵养与茶园景观工程、绿化环节与茶旅结合工程、多样发展与康养养生工程等 6 个方面总结提出了“三生”耦合茶园模式构建要素与技术实施要点。通过定位试验的能值分析表明,“三生”茶园能值自给率比常规茶园提高 36.31%,可持续发展指数是传统茶园的 2.68 倍,说明在生产效率和可持续发展方面“三生”茶园模式均优于常规茶园。最后结合福建茶业绿色振兴实际,提出了发展“三生”耦合茶园的技术与管理对策,以期茶业企业与家庭农场在绿色发展过程提供参考及其借鉴。

**关键词:**生产-生态-生活;茶园;有效耦合;模式构建;绿色发展

## Research on the construction and technical measures of the coupling of production-ecology-life at Mountain Tea Garden

LIU Penghu<sup>1,3</sup>, LUO Xuhui<sup>2,3</sup>, WANG Yixiang<sup>2,3,\*</sup>, ZHANG Wenjin<sup>3,4</sup>, WANG Dingfeng<sup>4</sup>, WENG Boqi<sup>2,3,\*</sup>

1 College of life sciences, Fujian Agriculture And Forestry University, Fuzhou 350002, China

2 Institute of Agricultural Ecology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350013, China

3 Fujian Key Laboratory of Agricultural Ecological Process of Red Soil Mountain, Fuzhou 350013, China

4 Institute of Tea, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuan 355015, China

**Abstract:** This paper summarises the successful implementation of a production-ecology-life strategy and the related challenges for the case study of mountain tea garden in Fujian province. Thanks to our experience in researching and constructing ecological tea gardens in hilly red soil, the concept of “production-ecology-life” coupling in tea gardens was devised and implemented, and the theoretical basis of the “Sansheng” coupled tea garden was elaborated. The “Sansheng” concept entails specific agricultural development systems, which are constructed according to the principle of ecological

**基金项目:**中央引导地方科技发展专项(2016L3004);福州市科技计划项目(2017-N-34);福建省红壤山地农业生态过程重点实验室开放基金课题;福建省菌草生态产业协同创新中心攻关项目(JCXTGG17)

**收稿日期:**2018-07-17; **网络出版日期:**2019-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wengboqi@163.com; sd\_wolong@163.com

economics and can bring multiple benefits to the production, ecology and life functions of mountain tea gardens. These benefits are achieved through an optimal combination of various elements in the system and ordered links in time and space. The construction elements and the technical implementation points of the “Sansheng” coupled tea garden were proposed in terms of scientific soil reclamation, water and fertilizer regulation, soil and water conservation, dimensional interplanting/breeding, ecological restoration and tea garden landscape conservation, combination of green environment and tea plantation tourism, diversified development and health leisure. The results of energy analysis from the case study showed that the self-support rate of the “Sansheng” tea garden is 36.31% higher than that of a traditional tea garden, and its sustainability index is 2.68 times that of a traditional tea garden. This altogether indicates that the “Sansheng” tea garden mode performs better than a conventional tea garden in terms of production efficiency and sustainable development. Finally, in the light of the state of development of green tea cultivation in Fujian province, the paper presents technical and management measures for developing “Sansheng” coupled tea gardens, in order to provide references for tea companies and farms and aid them in the green development process.

**Key Words:** Production-ecology-life; Tea garden; Effective coupling; Mode construction Green development

中国是一个山地居多的国家,山区面积占全国总面积的 69%,且人口占比超过 56%<sup>[1]</sup>。实施乡村产业振兴与农业绿色发展战略,要发挥优势寻求新途径,要突出特色取得新成效。新时代赋予山区现代农业与科技创新引领的光荣使命,重点要因地制宜推动山区农村产业转型升级,促进质量兴农;要因势利导促进山区优势产业绿色振兴,带动农民增收;要创新机制推动生态循环农业高效发展,提高利用效率;这无疑是乡村科技兴农理论与绿色创业实践必须突破的新命题。一般而言,山区乡村虽然地处边远,但生态条件较为优越,产地环境较为洁净,土地资源较为丰富,绿色兴农潜力巨大。在山地多于耕地的客观条件下,除了发展现代林业之外,着力开发山地经济作物是山乡农民的重要选项。以茶业生产为例,中国是茶叶生产大国,目前种植面积超过 4200 万亩,且大部分种植面积分布于山区农村,茶叶产量突破 260 万吨,毛茶产值达 1908 亿元<sup>[2]</sup>。茶产业作为福建省优势特色产业之一,全省茶叶种植面积接近 400 万亩,占全国种植面积约 1/10,茶叶产量占全国茶叶总产量的 17%,约 350 多万人从事与茶叶相关生产与经营工作<sup>[3]</sup>;山区茶产业的优化发展与不断壮大,已成为福建山地农业增效与乡村农民增收的重要途径之一。不言而喻,乡村茶业的绿色振兴不仅成为农业综合开发的重要项目,而且是山区农民增收致富的重要渠道。推进茶叶产业生态化发展和山区生态产业化开发,这是深化乡村产业供给侧结构性改革、实现农业绿色发展与高质量兴农、加强全面小康与生态文明建设的必然选择。通过专题调研,我们认识到福建省山区乡村茶产业蓬勃发展有四个方面的经验值得学习与借鉴:一是注重产业规划与有序拓展;二是注重品种选育与集成推广;三是注重绿色栽培与防控技术;四是注重加工增值与品牌培育。然而,在山地茶园建设与生产方面,同时也存在三个较为突出的问题:不同程度地存在山地茶园水土流失,有部分茶山还甚为严重;山区茶园种植与开发形式比较单一,土地资源利用效率偏低;山地茶园尚未发挥多功能复合效应,绿色生产技术推广滞后。就此,在参考和借鉴国内外山地生态农业发展历程、成效和对策的基础上<sup>[4-6]</sup>,并根据项目组以往实施山地生态茶园的相关进展与经验,提出了山区“生产-生态-生活”要素有效耦合茶园(简称“三生”耦合茶园)的理论内涵、体系构建和技术对策,以求为山区茶业振兴与区域绿色发展提供科学参考并创立新途径。

## 1 山区茶园“生产-生态-生活”要素有效耦合的理论内涵

“耦合”是一个物理学的概念,其是相对于两个或两个以上主体之间物理关系衍生而来的内涵表述<sup>[7]</sup>。从生态学视角理解,农业生态系统的“耦合”主要是指两种或两种以上系统要素(或子系统)之间相互作用、过程演变及其持续影响与综合发展的结果。从系统论角度认识,农业的系统耦合或者系统相悖是生产生态过程的两个方面,即“耦合”是否成功或者有效,取决于农业系统内的生态位、时空度与链接序这 3 个重要因素的

匹配,有效的链接与匹配将在耦合过程起到至关重要的作用,如果起正向叠加的作用,将有效抵消系统相悖的不利影响。实际上,农业系统的生产-生态-生活功能既有独立运营又有相互联系的,主要是通过合理的生态位在系统要素之间表现为紧密依存、互相促进的关系,最终将强化农业系统的生产-生态-生活的3个子系统之间相互联系与相互促进的功能。随着现代农业的持续发展,农业系统开始拓展新的功能,其在学习-生态-生活要素有效耦合方面已经呈现出新的趋势,一方面在微观上表现为农业资源内部的生物、水、光、热、气、肥等资源之间的耦合,另一方面在宏观上表现为农业系统中生产、生态、生活各个子系统呈现循环叠加作用,尤其是具有一定地域范围的子系统之间的耦合<sup>[7]</sup>。在农业系统中,通过合理的人工干预与有效的环节设立,优化的时空度与链接序则可有效避免系统内部的要素之间的相互干扰、相互破坏的关系,进而可以尽可能的减弱对农业系统的生产和生态功能破坏作用。

很显然,只有充分地把握好农业资源开发中的正向耦合的叠加效应,才能通过农业绿色发展技术措施来优化调节,促进农业系统在微观层次和宏观层次上各单元之间的有效耦合的关系,力争使各个要素之间的相互关系处于最佳的状态,力求最大限度地挖掘资源在系统的内在潜力,充分发挥农业资源循环利用的效益,从而达到减少外部资源的投入,获得少投入高产出的效果,从而在农业生产上实现高产优质、高效低耗、增收致富的目标,在生态保育方面实现农业系统的快速恢复、持续保育和良性循环的目标,在生命康悦上实现景观营造、休闲旅游、愉悦养生的目标。山区生产-生态-生活的“三生”有效耦合茶园建设,其核心要点就是通过茶园系统内部各结构要素的优化组合,促进其在时序有效链接、空间合理布局和生产生态匹配中产生正向联系和优势叠加作用。就其理论内涵而言,“三生耦合茶园”是按照生态经济学的原理,注重构建生态循环环节,开拓产业生态化与生态产业化链接通道及其叠加领域,进而实现山区茶园生产、生态、生活功能的挖掘与充分利用,形成山区茶园整体性的耗散结构与有序性耦合链接的特定农业开发系统。就山区“三生”耦合茶园系统而言,其实质是一个新型的耗散结构,不仅强化资源节约,而且注重环境友好。就其结构特征而言,主要从3个层次与6个方面予以交互递进,即注重发挥生产功能,注重优化生态功能,注重培育生活功能;构建种植业(突出循环利用)-养殖业(突出立体种养)-加工业(突出品牌效应)-营销业(突出产品转化)-旅游业(突出山地景观)-康养业(突出生态功能);推动生态循环利用-山地景观创意-科技兴茶-生态服务功能-传承茶叶文化-获得金融支持的多层次发展与绿色化振兴,力求提高土地产出率与劳动生产率,提高资源利用率与污染防控率,实现少投入、多产出的优化叠加与耦合递进效应,以期获得良好的“三益”效应(即经济、生态、社会效益),达到产业优,机制活,生态美,茶农富的目的。

从生态经济学视角认识,山区“三生”耦合茶园优化构建与实际运营,其本质内容是属于生态循环农业的生产经营范畴;从产业经济原理认识,其就是以良好的山区生态作为保障,从事“三高”(即高产量、高品质、高效益)与“三多”(即多样性、多功能、多效应)山地茶园生产经营<sup>[8]</sup>。其不是仅仅着眼于当年的产量,或者只注重短期的经济效益,而是更多的追求山区茶业发展的综合效益(即经济效益、生态效益、社会效益)的有效统一,更多追求山地茶园建设的多样功能(即生产功能,生态功能,生活功能)的有序叠加,使整个山地茶园的高优生产与功能挖掘步入持续发展的良性生态循环轨道,力求把人们秉承的“绿水青山就是金山银山”的绿色发展理念变为振兴的乡村实践与美好的现实。就发展前景而言,山区“三生”耦合茶园,是按照生态学原理<sup>[9]</sup>和经济学规律<sup>[10]</sup>,应用现代科技成果和先进管理举措,以及传统农业的精华要点与有效经验建立起来的聚合体系,也是力求获得更高的经济、生态和社会效益的现代茶业集约化生产与高优化经营模式。

## 2 山区生产-生态-生活要素有效耦合茶园的运营体系构建

实际上,在传统的茶业生产活动中,茶园的大部分残余物几乎都进入到公共领域中,重新返回大气圈和生物圈,不仅造成了严重的资源浪费,而且还将造成一定范围的环境污染,茶园生产的增长也是以资源的消耗和环境的污染为代价的。为了解决传统生产方式带来的诸多弊端,在当前山地茶业生产中,创立一种集多样功能为聚合体的新型生产模式—多样功能与生态循环茶业正日益受到人们的高度重视。山地“三生”耦合茶园

运营体系优化构建,就是要促进形成生产因素互为条件、互为利用和合理循环的机制,促进形成封闭或者半封闭的生物链与产业化的生态循环系统,力求使整个茶园生产过程做到废弃物的减量化排放、资源再利用并将污染减少到最低程度;要通过废弃物循环利用,力求大幅降低农药、化肥及消耗品投入使用量,形成资源节约与环境友好生产模式及其技术体系,着力构建低投入、低消耗、低排放和清洁化、高优化、多样化的农业经营格局。山区“三生”耦合茶园实质是现代生态循环农业升级版,其是按照生态经济学基本原理,运用现代科学技术和先进经营管理经验;在传统生态茶园有效经验基础上而进一步转型升级的新体系,该复合体系的主要特征是循环经济理论与生态农业技术的有机结合体,也是推广物质多层多级循环利用技术,减少废弃物的产生,实现多样功能开发并提高资源利用效率的山地茶园绿色振兴的新途径。山区“三生”耦合茶园的规范建设,是山区现代生态循环农业集成体与升级版,其作为一种资源循环利用与生态环境友好型农作方式,不仅具有较高的社会效益与经济效益;而且具有明显的生态效益与生活趣味。只有通过不断输入先进的技术、多元化资金;才能成为持续丰富信息与保持活力的耗散结构体;才能成为充满“生产、生态、生活”多样功能的系统工程,才能更好地推进山区茶园资源的高效循环利用和山地多样层次的创新开发。

山区“三生”耦合茶园体系构建与因素链接如图 1 所示,其主要包括三个产业形态 6 个开发层次的交错,即第一产业(种植业、养殖业层次),第二产业(加工业层次),第三产业(营销业,旅游业,康养业层次);通过有序耦合与有效叠加,力求发挥统筹协调作用,进而实现“多层次循环、低消耗;多功能利用、低排放;多途径减排、低污染”的目标。充分并有效地利用进入生产和消费系统的物质及其能量,提高三个产业的有机耦合运行,达到经济高质量发展与资源高效率利用、并与生态环境保护相协调的目的。通过有序耦合与有效叠加,既要符合生产环节的经济利益驱动要求,又要符合生态与社会持续发展战略的总体要求。山区“三生”耦合茶园的生产经营要遵循 6 个方面的原则:一是减量化,尽量

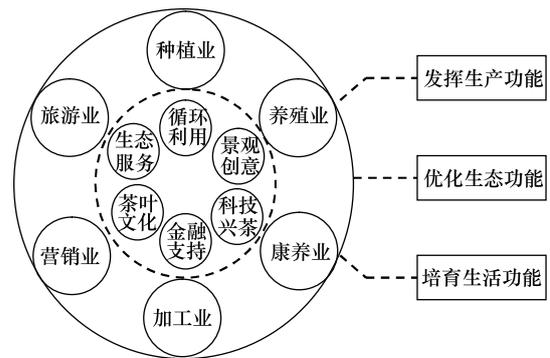


图 1 山区“三生”耦合茶园优化构建与结构要素链接示意图  
Fig.1 Optimal construction and schematic of structural elements of 'Sansheng' coupling tea garden in hilly region

减少进入生产和消费过程的物质数量,节约使用资源,减少污染物质排放。二是再生化,提高产品和废弃物利用效率,降低一次性用品耗量,减少污染与浪费。三是再循环,各类物品完成使用功能后,要应用新技术,尽可能重新变成再生资源而进入下一个生产或者开发利用环节。四是可控化,要通过优化设计,合理布局接口,形成高效循环链,使上一级废弃物成为下一级生产环节的原料,周而复始利用,有序递进开发,实现生产标准化与管理智能化,最大限度地提高劳动生产率与土地产出率。五是绿色化,在促进有益物质循环利用之时,要注重有效防控有害物质进入循环链,进而避免不利因素产生抵消作用,提高第一与第二产业的运行质量和综合效益,让山地茶业成为资源节约型与环境友好型相统一的多样功能聚合产业。六是多样化,山区茶园生态条件优越,山地景观优美,大多数都是交通便捷之地,绿色境地与旅游设施配套,无疑是茶旅结合与康悦健身的胜地,加上茶业文化的感染力,其必然显示旺盛的生命力。与此同时,可以结合认养茶树形式与城市居民劳动旅游结合的活动开展,将更加丰富山区茶园精深开发内涵。

### 3 山区“生产-生态-生活”要素有效耦合茶园的技术要点

现代山地茶园的建设尤其要注重科学设计和质量管理<sup>[11,12]</sup>。山区“三生”耦合茶园是注重“三产”联动的高效经营范式,更是注重“三益”统筹的持续发展模式,要着力构建包括 3 个层次分系统的技术体系(表 1、表 2、表 3),同时需要把握 5 个方面实施要点:一是立足新的起点,因地制宜制定发展规划。山区“三生”耦合茶园建设,需要统筹兼顾生产-生态-生活效应的互补性与叠加性的优化发挥。其建设地点要选择生态环境较

为优越的山区,必须符合绿色食品产地的标准。二是按照发展要求,优化布局茶园立体空间。山区茶园要因势利导创立“三生”耦合茶园,这是满足新时代产业多元化开发与城乡居民生活新需求,要让山区茶园成为绿色产品生产基地,旅游观光胜地,健身康养胜地,进而需要进行“园、林、水、路”的合理规划。整体上要搭建“山顶戴帽、山腰束带、山脚穿靴”框架结构,严禁烧山开垦,防控水土流失;保留原有植被,维护自然景观。三是发挥多样功能,因势利导实施梯次开发。优化种植树木,绿化美化茶园,其目的是为休闲观光茶园奠定基础。因地制宜选择适宜本地栽种的速生优质树种,以深根树种为宜。除了选择作为茶园内套种的树品种之外,要注重套种方法的规范性,必须避免与茶树生长争夺水肥、茶叶与套种树木之间应当不能有共同的病虫害,其中枝叶疏密适中的优质果树、经济树种、珍稀苗木可优先选择,适当搭配彩叶树木与中药树木。统筹兼顾经济效益,绿化效应,美化效果,实用效率相结合。四是促进优势叠加,优化配置层次性生态位。就实践意义认识,生态位配置较为重要,其是在一个系统中物种在多维空间中占据并能够正常发挥有益作用的位置。在山地“三生”耦合茶园中,要根据生态位原理进行要素配置,其是典型的人工复合生态系统,具有乔灌草三层基本结构,即套种树木-主体茶树-绿肥作物(矮秆)的种植结构。其不仅起到绿化作用,同时也能收获优质果品,为旅游观光者提供景观与产品。山地茶园绿化布局,要实施乔灌结合与梯次排列种植。五是注重过程管理,保障茶业绿色生产质量。首先要注重茶树树冠管理。培育丰产树冠是增加茶叶产量的基础,也是提高茶叶质量的关键环节。要注重绿色防控技术。要以有机肥替代化学肥料,既能培肥地力,又能供应养分,促进茶树正常生长;要以生物农药替代化学农药,既要防治病虫害危害,又能避免农药残留;同时要引进物理防控设施,包括太阳能诱虫灯,选择不同波段灯光,诱捕有害昆虫,保护有益天敌。

表 1 山区“三生”有效耦合茶园生产分系统建设工程内容与技术实施要点一览表

Table 1 List of technology summary for production system construction of “Sansheng” coupling tea garden

建设工程 Construction project	主要内容 Main content	技术实施要点 Technical implementation points
科学开垦与水肥调控工程 Scientific soil reclamation, water and fertilizer regulation	建设选址	一是要选择空气清新、水质清澈、土壤洁净流域,应尽量避免开喧闹都市、工业厂区和枢纽要道;二是除了交通便捷与立地条件好之外,更为重要的是选择空气、水质和土壤清新洁净的园地,各项环境限值含量均必须符合农业部行业标准(NY5020—2001)。三是对于新垦茶园的地点,要求海拔高度低于 1900m 以下,开垦茶园的坡度应小于 25°,并具有较好的灌溉条件。
	土壤条件	一是山地茶园土体结构良好。底土与心土呈紧而不实状态,耕作层土壤质地一般以粘土与砂壤组合较为适宜,既便于土壤通气透水,又有利蓄水保肥;二是山地茶园土壤酸度适中。土壤 pH 值在 4.5—5.5 之间为佳;三是优化选择背朝阳荫园地。以云雾较多、空气清新、湿度较大,散射光强且规模在 500 亩以上的山地,可筛选作为“三生”耦合茶园建设基地。
水土保持与立体种养工程 Soil and water conservation and dimensional interplanting/breeding	水土保持	一是注重把握开垦方法。山地茶园开垦,要自下而上进行施工,又从上到下地梯台整理;山地茶园梯面宽度为 1.7—2.0m;其开垦要求是:等高面梯层,水平线环山,随山势大弯,小弯度取直;其构筑梯台要求是:心土筑埂,表土回面,内低外高,内沟外埂,梯梯接路,沟沟相通。二是注重梯台构筑质量。先自下而上挖出第一梯梯面,再挖种植沟(深 60×60cm),第一梯种植沟开好后再开第二梯,以此类推,梯次开垦。三是注重种植沟的挖掘。种植沟面积占梯面总宽的 50%,其余面积为前埂、后沟与耕作道,应酌情深挖土层板结地带;要将第二梯台上的一部分杂草、草皮削下,放入第一梯种植沟底,再把土壤熟化层铲下放入第一梯种植沟内,把其余部分的杂草、草皮盖严;再把第二梯台平整并继续开挖种植沟,以此类推,逐一开挖。四是注重茶园土壤改良。完成开挖山地茶园后,从最上梯开始,逐一往下回平,实行充分晒垡,使心土养分得以活化。五是进行全园规范整理。园地土壤要深挖 60cm,建成等高梯田;梯面呈 5 度斜角为宜,台面整理成外高内低;梯台内侧开设蓄水沟,山顶、山凹及道路两侧修建排水沟,排水沟要与蓄水沟相连接,并在连接处深挖积水坑,力求保障小到中雨时水不出园,大雨到暴雨时水不冲园

山区“三生”耦合茶园由此通过生产-生态-生活各子系统的耦合互补,以配套的开发经营技术体系为支撑以实现农业资源持续利用与山地生态环境保护的双赢目的。项目组试验结果表明,在山地茶园套种豆科牧草圆叶决明,每亩平均鲜草产量达 3500kg,通过割青埋青作绿肥使用,可替代 35.8%的化肥;利用套种之草,收获

之后晾干,在茶树之下或者梯台后沟铺堆干草栽培大球盖菇,平均菇产量达 1456kg/ha,其产生的 15064kg/ha 的菇渣直接作为茶叶生长的有机肥,可替代 46.2%的化肥;种植的牧草也可做为鸡鹅饲料(每亩牧草可供 18 只鹅饲料),茶园低密度放养鸡鹅(每亩控制在 20 只以内,可保障有效承载力),每亩山地茶园经济效益大幅提高,不仅实现废弃物循环利用,而且增加了农民收入。此外,山地茶园的梯壁与梯埂选用黄花菜、爬地兰、三叶草、百喜草等作为种植品种。茶园梯台面主要套种印度豇豆、平托花生、圆叶决明、黄花苕子、红心花生等植物作为绿肥<sup>[13]</sup>;实施全园生草覆盖种植,有利于为七星瓢虫等茶园天敌提供了繁衍和栖息场所,进而有效抑制茶园有害生物危害,减少茶园喷洒化学农药的次数,降低农残<sup>[14-15]</sup>。对不同茶园经营模式综合效益评价研究的结果表明,山地“三生”茶园的有机物质生产价值为 33450 元/ha,比常规茶园高出 48.7%;其生态系统年固定 CO<sub>2</sub>43.01 t/ha,释放 O<sub>2</sub>31.86 t/ha,每年固定 CO<sub>2</sub>的价值为 6508.5—25447.5 元/ha,释放 O<sub>2</sub>的价值为 11244—12744 元/ha,总价值平均是传统茶园的 17.7 倍(表 4)。“三生”茶园系统能值自给率比常规茶园提高 36.31%,能值投资率(1.52)<常规茶园(2.43),净能值产出率(3.66)>常规茶园(2.78),环境负载率(0.292)<常规茶园(0.837),可持续发展指数(3.423)>常规茶园(1.195)(表 5)。因此无论是从生产效率(净能值产出率)、环境负载程度考虑,还是从可持续发展程度考虑,“三生”茶园模式均优于常规茶园。

表 2 山区“三生”有效耦合茶园生态分系统建设工程内容与技术实施要点一览表

Table 2 List of technology summary for ecosystem construction of “Sansheng” coupling tea garden

建设工程 Construction project	技术实施要点 Technical implementation points
生态恢复与地力保育工程 Ecological restoration and soil conservation	<p>1. 做好勘察设计工作。以茶、林、道、池、渠一体化综合治理为基础,实施治山、治水、治土统筹协调;以山、水、园、路、景有机结合为链接,实施生产、生态、生活整体开发;力求实现茶树有序成片,道路链接成网、园地成块开发、种养成套匹配、茶行井然成条、花草果景成套、区格递进分明。</p> <p>2. 做好功能设计工作。规模在 500—1000 亩的山区“三生”耦合茶园建设,要注重划定功能区域与合理设计路网;茶园内设立主干道与支干道。主干道纵度小于 6 度,路面宽度为 4—5m,道路两侧种植绿化树木(以落叶果树与珍稀树木为宜)。支干道纵度小于 8 度,按茶园地形与实际需要而优化设置,路面宽度为 3—4m,其不仅作为园内运输的主要通路,而且作为茶园功能划区与分块链接的界线,同时也是山地茶园水土流失的拦截道,视茶园山形及划区面积选择绿化树种与覆盖草种。主干道与支干道内侧都要配套设置水沟,力求做到保持水土,涵养水源,提高湿度,调节气温,避免茶树遭受气象灾害重大影响。对于 1000 亩以上茶园,还要就近规划建设茶叶加工厂,并充分利用山地茶园特色景观规划建设休闲观光与健身康养场地。</p> <p>3. 做好道路连接工作。山区“三生”耦合茶园要注重道路设置与划区分块有效链接性,路网由主干道、支干道、慢步道、环园道几部分组成;要从高效生产—保育生态—茶旅生活—康养养生功能发挥来统筹考虑,优化空间布局 and 设施合理配置;要充分发挥路网作用,既适宜山地机械化作业,便于车辆运输;又有利于防控水土流失,坚固又要美观。</p>
水分涵养与茶园景观工程 Water and tea garden landscape conservation	<p>1. 注重优化设置水利系统。山区“三生”耦合茶园水分管理系统的规划设计,要因地制宜利用地形地貌建立蓄、排、灌的“沟+坑”组合系统;要根据茶树既喜湿又怕渍的生物学特性,以生态化覆盖种植,统筹协调;以便捷化水利设施,合理布局;以配套化水利设施,科学调配。</p> <p>2. 因势利导设置水网系统。力求做到遇大雨能分流,遇干旱能滴灌,设立“沟+坑”组合系统,既要蓄雨季之余,补旱季之不足,又能调河溪之水,补茶树之需。合理调控茶园水利,避免水土流失;茶园水利系统必须与道路相配套,做到路与沟相配,池与管衔接,沟与渠相通。茶园布设“沟+坑”蓄排子系统,要起到 3 个作用:有效蓄水保墒,防控水土流失;雨季排除渍水,旱季引水入园;有利机械作业,便于肥药管理。</p> <p>3. 注重分类设计分类实施。对山地小平台茶园而言,以排水沟为主,排蓄结合;对山地大平台茶园而言,以蓄水沟为主,蓄排结合。</p> <p>4. 设立多样功能沟网系统。根据南方山地茶园条件而设计,通常山地茶园由截洪沟、隔离沟、横水沟、竹节沟、纵水沟组成沟网系统。在环园路内侧设置截洪沟与隔离沟(深 50—80cm,宽 40—60cm)是防止大雨时茶园上方的洪水、杂草、泥石等侵入茶园;在梯面内侧设置竹节沟与横水沟(深 30—50cm,宽 40—60cm),是积留表土与减缓径流,有效防止水从梯面侵出并避免冲刷;在茶园各片域之间设置纵水沟(深 20—30cm;宽 40—50cm)是排除园内多余的水分;同时在道路两旁沟坡度大的园地或园中地形地势低的积水上,要因地制宜设置消力池</p>

#### 4 山区“生产-生态-生活”要素有效耦合茶园的发展对策

实施乡村振兴战略无疑要做好山区综合开发的大文章。我国山区乡村面积将近 70%<sup>[16]</sup>,如何发挥山区

特色及其生态优势,怎么依靠科技推动产业绿色升级;如何改造山地传统与特色产业,怎样全过程有效保障质量兴农。这无疑需要人们深入思考山区发展战略与精心构建新的技术体系。结合新形势下我国生态农业的创新需求<sup>[17]</sup>和农业生态转型态势<sup>[18]</sup>,福建省山区茶业的转型升级与绿色发展要着力把握 8 个重要方面,力求打造新平台,实现新跨越:

表 3 山区“三生”有效耦合茶园生活分系统建设工程内容与技术实施要点一览表

Table 3 List of technology summary for life system construction of “Sansheng” coupling tea garden

建设工程 Construction project	技术实施要点 Technical implementation points
绿化环节与茶旅结合工程 Combination of green environment and tea plantation tourism	<p>1.山地茶园绿化。在主干道旁、主渠道旁、陡坡边缘、沟谷周边种树植草,固实路沟边坡,防控水土冲刷;保障茶叶高效优质种植。山区“三生”耦合茶园要种植优良茶树,除了产量高品质优之外,还要兼顾抗性强特性,进而减少茶园病虫害危害,在保障经济效益同时,可以降低农药残留。同时注重良种配套良法,实施合理密植、适时采摘、适当修剪、优化树冠、土壤改良、生物防治等技术。</p> <p>2.营造防护林带。在有害性干寒风袭的位置进行密集绿化,以几层林木(乔木、灌木)组成,以梯次种植结构为宜,既要防御灾害,又能绿化环境;选择乔木和灌木品种的要求有 3 点:树木生长较快,抗风能力较强;适宜当地气候,适应土壤要求;同时与茶树无共同的病虫害。种植布局为:植乔木型树种 4—6 行,行距 2—3m,种植灌木型树种 2—4 行,行距 2m;既不妨碍交通,又营造景观。如果开垦山地新茶园时,可在不影响茶园道路、排灌系统和茶园规划布置的前提下,应因势利导保留好道路边、沟渠旁的自然林木,梳理好山地茶园边缘零星地块(不宜种植茶树)的自然树木,营造自然景观。构建复合生态种植系统。为了抵御风害,要在山地茶园最高处选择设置防护林;防护林主带种植选择复合模式,即 2—3 行高大常绿乔木且两侧配以 2—3 行灌木为宜。在园内的道路、水沟两旁种植行道树(以种植银合欢等豆科树种、以银杏或油柿等落叶果树为佳,为规格每两米 1 株树);园中适当套种遮荫树(以樱花等品种为妙,规格为 16—20 株/亩,集花维景);不宜种植浅根型树种,其易与茶树抢水争肥,也不选择与茶叶病虫害互为寄主的树种。力求改善茶叶种植的生态条件,优势互补,相互获利。</p> <p>3.兼顾适度遮阴。茶园套种绿化树或者风景树,要以不影响茶叶产量、质量的覆荫度为原则,位于凉爽地带且雾多的茶园,绿化树不宜种植过多,以每亩 5—10 株为宜,而在土壤干燥、湿度低的山地茶园,则可以适当增加密度。生草覆盖防控水土流失。在园内空地或幼龄茶园中以套种平托花生、圆叶决明、紫花扁豆、印度豇豆等豆科作物为好,即可割青埋压作绿肥,降低生产成本,以草肥土;在山地茶园梯壁以种植爬地兰等匍匐性作物为宜,即可起到固壁护土的作用,防控水土流失,以草养园。</p> <p>4.合理补植草被。开垦山地茶园,必然会破坏地面原有的植被,极易引起水土流失,所以要采取开发与保护相结合方式,需要按照茶园的总体规划设计,实施植被恢复与地力提升。绿化美化茶园生态环境。通过建立以茶树为主的人工复合生态茶园,在正面布局上形成“乔木-灌木-植被”的有效防护体系,在平面结构上形成“树木-茶树-绿肥”的链接性生态位,进而起到上层树木调控下层作物生态因子的积极作用,有利于改善山地茶园的生态条件;同时促使光能和养分得到充分利用,提高物质与能量利用率,有利于提高茶叶的产量和品质。</p>
多样发展与康养养生工程 Diversified development and health leisure	<p>1.合理设立干道。干道为山地“三生”耦合茶园主体布局框架,对内是各产区的纽带,对外与公路交通衔接;步道为山地“三生”耦合茶园划区分块界线,是通向山地茶园地块便捷道路,路面宽度 1.5—2m;横向步道以 10—15 行茶树设一条为宜,其要与茶树种植条行成一定角度相接,以便作业与休闲慢步;环园道设在山地茶园四周边缘,既为茶园与农田(地)的分界,又与干道、支道、步道相链接。以步道作为立体种植与养殖分区界限,有利于便捷管理与有序轮作,尤其要充分考虑养殖废弃物的生态环境承载能力,既有利于多样开发与增收增效,又有利于循环利用与保护环境。</p> <p>2.配套旅游设施。可以依山傍水建设若干个小木屋,实行错落有致的排列,既是靓丽风景线,又是观光小设施,方便旅游者,也有利管理</p>

表 4 不同茶园生态系统固定 CO<sub>2</sub>和释放 O<sub>2</sub>价值的比较

Table 4 Serve values of CO<sub>2</sub> fixation and O<sub>2</sub> release in different tea garden ecosystems

项目 Items	CO <sub>2</sub> 固定价值 Value of CO <sub>2</sub> fixation			O <sub>2</sub> 释放价值 Value of O <sub>2</sub> release		
	CO <sub>2</sub> 固定量 Amount of CO <sub>2</sub> fixation/ (t/ha)	造林成本法 Afforestation cost method/ (元/ha)	碳税法 Carbon tax approach/ (元/ha)	O <sub>2</sub> 释放量 Amount of O <sub>2</sub> release/ (t/ha)	造林成本法 Afforestation cost method/ (元/ha)	工业制氧法 Oxygen generation method/ (元/ha)
常规茶园 Traditional tea garden	24.30	367.5	1437	18.00	636	720
“三生”茶园 “Sansheng” tea garden	43.01	6508.5	25447.5	31.86	11244	12744

表 5 不同茶园生态系统能值指标体系

Table 5 Energy value index of different tea garden ecosystem

指标项 Indexes	表达式 Expression	常规茶园 Traditional tea garden	“三生”茶园 “Sansheng” tea garden
能值自给率(Energy self-support rate, ESR)	$(R+N)/U$	29.11%	39.68%
能值投资率(Energy investment ratio, EIR)	$(F+T)/(R+N)$	2.43	1.52
净能值产出率(Energy yield ratio, EYR)	$Y/(F+T)$	2.78	3.66
环境负载率(Environment load ratio, ELR)	$(F+N)/(R+T)$	0.837	0.292
能值可持续指标(Energy sustainable index, ESI)	EYR/ELR	1.195	3.423

一是完善茶业振兴发展规划,优化绿色生产布局。坚持“稳定种植面积、提高三大效力”的总体发展思路,重点实施绿色振兴与科技创新战略,统筹调整区域茶业发展规划,优化绿色生产空间布局,强化优良品种与技术配套实施,着力于全面提高茶叶质量效力、产业竞争实力、持续发展能力。要结合山区发展实际,立足当地茶业资源禀赋<sup>[19]</sup>;要坚持市场需求导向,完善茶业绿色发展规划;要充分发挥山区优势,深化供给侧结构性改革;注重因地制宜统筹,扬长避短,调整茶类生产结构;注重优化时空布局,因地制宜,坚持适地适种;注重加工升级,培育品牌,实行适销适产。要因势利导适当增加乌龙茶、红茶、白茶比例,稳定茉莉花茶生产,调减绿茶份额,大力开发名优茶和特色茶。加快山区茶产业转型升级,全面推进绿色振兴,推进质量兴茶,着力品牌强茶。山地茶叶种植,作为第一产业则要突出绿色与高效,要注重建立以茶树为主的人工复合高效生态茶园<sup>[20]</sup>。

二是坚持生态保护优先原则,突出茶园循环利用。要按照生态经济与循环农业的理论构建多功能性的新型生态复合茶园<sup>[21]</sup>,坚持经济社会生态效益统筹兼顾,实施产业生态化与生态产业化协同并举策略<sup>[22]</sup>,坚持优先保护区域生态原则,推进山区茶叶产业的发展与生态保护相协调。实施全面技术改造,推动转型升级,力求山地生态茶园占全省茶园面积 80%以上,有条件的山区茶园,要率先创立与集成推广山区“三生”耦合茶园体系,充分利用山区清新茶园的优美生态与特色景观,延伸构建茶叶生产体验园地与休闲观光境地,实现茶经结合,茶旅结合,康养结合,提高品牌效应与综合效益。

三是注重良种良法有机结合,推动绿色高效生产。要加强茶树优异种质资源征集,建立种质资源圃,开展系统性的保护与挖掘利用<sup>[23]</sup>;要进行农科教紧密结合,开展系统创新攻关,加快选育特色明显、抗性显著、品质优异的茶树新品种并实施集成推广应用。要在全省推广生态复合茶园建设与集成技术应用,鼓励茶园套种绿肥,应用冬季清园等技术措施,就地收集并增施有机肥;以优质有机肥替代化肥,有效改良土壤并培育地力,提高园地质量;推广茶园配方施肥技术,实现提质增效。全面推广茶树绿色栽培与防控病虫害技术,依靠科技创新,强化监测预警,力求实现全省茶园绿色防控技术实施全覆盖,确保茶叶绿色生产与产品质量安全。

四是全面推行茶叶清洁加工,提升产品绿色质量。山区“三生”耦合茶园建设与绿色茶业生产,首要重点依然提升茶业高优生产与茶叶精深加工水平。在茶叶精品与区域品牌加工方面,要认真制定并严格执行《福建省茶叶初制厂清洁化生产规范》,重点组织茶叶初制加工厂智能化升级改造,按照“产地环境洁净化、加工燃料电气化、加工设备智能化、加工流程自动化”的要求,重点推广电气等能源与设备更新换代,实行生产线改造,注重机械化机械与自动化设施的应用,要按照初制加工过程茶叶不落地的要求实现智能化操作,配套标准化萎凋工艺与离地晾晒青设备,提高茶叶绿色加工的水平与效率。要鼓励大中茶叶企业,进行全程自动化与高效智能化的生产性优化改造,致力于新建、扩建标准化精制加工生产车间;结合不同县域茶叶产品的基础、潜力与竞争力进行优化布局<sup>[24]</sup>,引导山区茶叶进行系列化与多样化加工开发,提升产品质量档次与地方品牌培育。引导与鼓励茶叶龙头企业,拓展茶叶精深加工项目,提高粗茶叶与等外品附加值,挖掘茶叶全价利用效率。

五是持续推动茶叶科技创新,强化绿色产业支撑。加快茶产业绿色发展核心技术的研究攻关与集成推广。积极开展茶树优良品种选育与应用、生态复合茶园(山区“三生”耦合茶园)建设、有机肥替代化肥、茶树

病虫害绿色防控、产地品质识别等关键技术攻关和成果转化。集成有机肥料、复合肥料、生物农药、物理诱捕、伏季休茶、光伏萎凋、茶叶初制、自动加工等连续生产模式,推广茶园耕作、绿色栽培、机械采摘配套技术等。推进茶业产学研协作,加快茶叶大数据的研究和应用,应用物联网技术,建设智慧茶园,茶旅观光茶园,健身康悦茶园,提升茶业多样功能开发水平与绿色发展管理能力。

六是严格实施过程质量管控,推动绿色茶业振兴。要按照实施乡村振兴与绿色发展战略要求,坚持绿色兴茶,强化效益优先;坚持标准兴茶,强化优化调控;坚持质量兴茶,强化品牌效应;坚持科技兴茶,强化持续发展。要按照农业绿色发展基本要求,全面落实茶叶生产经营主体责任与产品质量安全责任,严格执行茶叶生产过程和销售档案全程记录及其可追溯制度;依靠科技创新与集成推广,促进茶业生产由追求增产的单一目标向提质增效的总体导向转变。保障茶业绿色生产,要注重把握绿色投入品的重要关口,注重全面提升茶园投入品信息化管理水平,完善并强化全省茶业农资监管平台建设并配套智能化便捷化设备,力求提高茶业生产质量安全监测与保障能力,同时要全面推行投入品登记备案和实名购买制度,严格产品出厂检验制度,从源头上保障农资投入品质量。在示范推广基础上,总结经验与管理方法,全面实行源头赋码、标识销售。就省-市-县三级管理部门而言,加快推进茶叶生产与加工产品全程追溯体系建设是至关重要的。就质量管理部门而言,必须加大茶叶产品抽检力度,推广实施有奖举报制度,深入并有力打击违法行为,杜绝使用禁限农药。

七是培育壮大区域龙头企业,培育绿色茶业品牌。福建是茶叶生产与质量兴茶强省,先后形成了一批区域公用品牌,如安溪铁观音、武夷岩茶、福鼎与政和白茶等已闻名海内外。在新的发展时期,福建省面临着:如何发挥区域优势做强做大茶叶生产龙头企业,如何优化组建富有特色的茶产业绿色发展联盟,以期进一步增强龙头企业对全省乃至全国茶业绿色发展的示范带动与引领作用。

八是加强优惠政策引导扶持,推动绿色茶园建设。在分析国内外生态农业建设相关政策和法规的基础上,根据整体把握、系统设计,疏堵结合、奖惩有度,因地制宜、分级管理,着眼基层、重在落实的基本原则构建农业生态转型的政策法规体系<sup>[25]</sup>。要紧紧围绕福建绿色发展与质量兴茶的总体目标,各级政府的农业管理部门,要注重引领全省茶产业的绿色发展,以总体规划为依据,优化调整产业布局;以市场需求为导向,出台绿色开发政策;以优势叠加为重点,整合改造投入资金;以挖掘潜力为举措,引领三产有效融合;以示范引领为样板,全面推进绿色振兴。要积极引导金融机构落实茶叶绿色发展的扶持政策,加大信贷投放力度,推进茶叶自然灾害保险。实现山区茶业的转型升级,推进绿色发展技术改造,需要多元化投入机制创新,拓展融资与企业参与新途径,力求在全国率先开展山区“三生耦合”与“三益集成”的现代化茶园建设及其集约化推广应用,为区域生态文明建设与现代生态循环农业发展树立样板,为农业增效与农民增收及乡村振兴做出更大贡献。

#### 参考文献(References):

- [1] 王建国, 杨林章, 马毅杰. 经济发达地区低山丘陵土地持续利用和优化利用研究——以苏州市旺山村为例. 土壤, 2002, (4): 179-184.
- [2] 陈宗懋. 中国茶产业转型待破局. 中国科学报, 2017-10-18(7).
- [3] 刘伟宏. 福建茶产业发展现状及对策研究. 福建广播电视大学学报, 2012, (2): 86-89.
- [4] 黄国勤, 王淑彬, 赵其国. 广西生态农业: 历程、成效、问题及对策. 生态学报, 2014, 34(18): 5153-5163.
- [5] Ye X J, Wang Z Q, Li Q S. The ecological agriculture movement in modern China. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2002, 92(2/3): 261-281.
- [6] Batish D R, Singh H P, Kaur S. Crop allelopathy and its role in ecological agriculture. Journal of Crop Production, 2001, 4(2): 121-161.
- [7] 刘滨谊, 贺炜, 刘颂. 基于绿地与城市空间耦合理论的城市绿地空间评价与规划研究. 中国园林, 2012, 28(5): 42-46.
- [8] 翁伯琦, 张伟利. 生态文明视阈下区域低碳经济与现代循环农业发展若干思考. 发展研究, 2014, (3): 111-114.
- [9] Frissell C A. Ecological Principles//Williams J E, Wood C A, Dombeck M P, eds. Watershed Restoration: Principles and Practices. USA: American Fisheries Society, 1997: 96-115.
- [10] Jackson J, Mciver R, Hettihewa S, Bajada C. Economic Principles. North Ryde: McGraw-Hill, 2004
- [11] 吴洵. 试谈生态茶园的科学设计和质量管理. 中国茶叶, 2014, 36(12): 4-9.
- [12] 刘春丽. 信阳休闲茶园生态旅游开发路径选择. 焦作大学学报, 2014, (4): 88-91.

- [13] 宋同清, 王克林, 彭晚霞, 王久荣, 肖润林, 曾馥平, 汤宇. 亚热带丘陵茶园间作白三叶草的生态效应. 生态学报, 2006, 26(11): 3647-3655.
- [14] 肖润林, 向佐湘, 徐华勤, 单武雄, 陈佩, 王桂雪, 程孝. 间种白三叶草和稻草覆盖控制丘陵茶园杂草效果. 农业工程学报, 2008, 24(11): 183-187.
- [15] 邓欣, 谭济才. 生态控制茶园内害虫、天敌种类及数量的季节变化规律. 生态学报, 2002, 22(7): 1166-1172.
- [16] 邓伟, 方一平, 唐伟. 我国山区城镇化的战略影响及其发展导向. 中国科学院院刊, 2013, 28(1): 66-73.
- [17] 卢兵友. 谈新形势下生态农业创新. 农业环境科学学报, 2017, 36(10): 1925-1928.
- [18] 骆世明. 农业生态转型态势与中国生态农业建设路径. 中国生态农业学报, 2017, 25(1): 1-7.
- [19] Liu H C, Fan J, Zeng Y X, Wang W Z. The evolution of tea spatial agglomeration in China: An analysis based on different geographical scales. *Journal of Mountain Science*, 2018, 15(12): 2590-2602.
- [20] 陈炜潘. 山区建设高质量生态茶园的方法和步骤. 中国园艺文摘, 2011, 27(3): 190-191.
- [21] 李文华. 可持续发展的生态学思考. 四川师范学院学报: 自然科学版, 2000, 21(3): 215-220.
- [22] 赵其国. 生态高值农业是我国农业发展的战略方向. 土壤, 2010, 42(6): 857-862.
- [23] 杨如兴, 尤志明, 何孝延, 张磊, 陈芝芝, 王文建. 福建原生茶树种质资源的保护与创新利用. 茶叶学报, 2015, 56(3): 126-132.
- [24] 陈志峰, 张伟利, 严小燕, 刘宇峰, 曾玉荣. 福建省县域茶叶产业竞争力分析与优化布局. 经济地理, 2017, 37(12): 145-152.
- [25] 骆世明. 构建我国农业生态转型的政策法规体系. 生态学报, 2015, 35(6): 2020-2027.