

综合利用功能性菌剂和茶草间作技术推进南方高龄退化茶园的 可持续高质量发展

宾艺蓉^{1,2}, 张淑卿^{1,2}, 李剑峰^{1,2*}, 郭金梅^{1,2}, 陈明^{1,2}

¹贵州省高等学校生物资源开发利用重点实验室 贵州贵阳

²贵州师范学院喀斯特生境土壤与环境生物修复研究所 贵州贵阳

【摘要】因茶树长期栽培和不合理施肥导致的土壤持续酸化、铝毒累积、杂草竞争及虫害问题，严重制约了我国南方红黄壤高龄茶园的可持续高质量发展。通过利用解磷固氮等功能性促生菌和新型土壤修复基质，结合功能性草种—茶树间植的以草控草，以草控虫的茶园管理技术，建立高品质茶园土—肥绿色调控新技术体系，将有望解决高龄茶园因土壤酸化、土壤生产能力下降且长期依赖化肥的生产问题。科学利用这些措施，将有效改善茶园土壤环境，提升土壤养分含量，改善微生物区系，实现化肥减施增效的基础上提升茶叶的品质，产量和市场竞争能力，推动茶产业进入高质量可持续健康发展。

【关键词】退化茶园；功能性菌剂；化肥农药减施增效；茶园管理

【基金项目】贵州省优秀青年科技人才计划项目(黔科合平台人才[2021]5625)；贵州省科技支撑计划项目(黔科合支撑[2023]Y223)；贵州省教育厅青年科技拔尖人才项目“酸化/退化生境下功能性内生菌的选育及富硒茶专用多功能胶囊菌剂制备关键技术研究”(黔教技[2024]337)；国家级大学生创新创业训练计划重点支持领域项目(202314223051)

【收稿日期】2024 年 8 月 12 日

【出刊日期】2024 年 12 月 21 日

【DOI】10.12208/j.jafs.20241017

Utilize functional microbial agents and intercropping technology with Tea-Grass to promote the sustainable and high-quality development of southern degraded tea gardens

Yirong Bing^{1,2}, Shuqing Zhang^{1,2}, Jianfeng Li^{1,2*}, Jinmei Guo^{1,2}, Ming Chen^{1,2}

¹Key Laboratory of Biological Resources Exploitation and Utilization in Colleges and Universities of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou

²Institute of Soil and Environment Bioremediation in Karst Habitats of Guizhou Education University, Guiyang, Guizhou

【Abstract】 Soil acidification, accumulation of aluminum toxicity, weed competition and insect pests have seriously restricted the sustainable and high-quality development of red and yellow soil old tea plantations in southern China. By using Phosphate-soliloquizing nitrogen-fixing bacteria and soil remediation substrates, combined with the tea garden management technology of grass control and grass insect control between functional grass species and tea trees, a new technology system for green regulation of high-quality tea garden soil and fertilizer is established, which is expected to solve the production problems of elderly tea gardens due to soil acidification, soil production capacity decline and long-term dependence on chemical fertilizers. It will effectively improve the soil environment of tea gardens, increase soil nutrient content, improve microflora, improve the quality, yield and market competitiveness of tea on the basis of reducing the application of chemical fertilizers and increasing efficiency, and promote the tea industry to enter high-quality, sustainable and healthy development.

作者简介：宾艺蓉(2002—)，女，本科，从事茶草间作与功能性菌剂协同效应方面的研究；

*通讯作者：李剑峰(1979—)，男，教授，博士，从事退化生境植物抗逆生理及促生菌剂方面的研究。

【Keywords】 Degraded tea plantations; Functional microbial agents; Reduce pesticides and chem-fertilizer increase efficiency; Tea plantation management

前言

茶产业是推动我国南方多省经济增长的重要产业,特别是云贵川地区,其中四川省 2023 年茶业综合产值达到 1080 亿元^[1],连续两年突破千亿元大关。云贵两省的茶叶种植面积均已超过 700 万亩,贵州省 2020 年茶叶总产量达到 43.6 万吨,总产值 503.8 亿元,茶园面积高达 700 万亩,位居全国第一^[2],在推动当地经济增长和乡村振兴战略起到重要作用。优质的茶园土壤是决定茶产品产量和品质的关键因素,需具备水、肥、气、热相协调的特性,表现为有效土层深厚疏松,酸度处于茶树最适生长 pH 值(4.5-6.0)之内^[3],有机质及其他养分含量丰富协调,无农药化肥和有害重金属元素的超量残留。茶树是喜酸嫌钙聚铝性植物,随着种植年限的增加,茶园土壤会因茶树自身代谢和物质循环,长期过量施用化肥等因素使土壤理化性质逐渐劣化,土粒黏结板结^[4]。此外,采茶、除草等农业生产活动也会加剧土壤紧实度,降低其透水透气性能。传统茶园常用夏秋季深耕的方式除草并提高土壤通气性,但深耕后若行间裸土缺乏覆盖,持续的强降雨会加速表土,土壤氮磷钾和有机质等有效养分的淋失,使有效土层变浅,肥力下降,茶根裸露,茶叶产量低而品质差。如福建安溪一些未合理开垦的茶园中,15°~25° 坡度区域的土壤因侵蚀导致的水土流失面积高达 314.77km²,约该县总流失面积的一半^[5]。企业农户为保持茶产量 稳定通常会加大化肥用量,进一步加速土壤酸化板结。根据茶园土壤酸化与防治的研究,贵州桐子坡地区的生荒土在种植茶树 10 年后,土壤 pH 值由 5.2 降低至 4.1^[6]。福建和江苏这两个主要茶叶生产省份中,土壤 pH 值低于 4.5 的茶园比例分别达到了 86.9%和 81.9%^[7],表明茶园土壤酸化已成为影响茶叶生产的重要问题。南方地区茶园多建植于山地,土层较浅,持续酸化会使土壤重金属活度增加,茶树对重金属的富集作用加强,致使部分土层浅、矿脉突出的地域茶叶产品时常出现重金属元素超标,品质不稳定的现象^[8]。贵州省湄潭、凤冈县^[9]等高品质富硒茶的主产区,茶园分布面积广,以产出高品质锌硒芽茶为主。这类茶园种茶超过 8 年之后,土壤劣化及磷、硒养分亏缺趋势明显。

铜仁思南等地的代表性中低效益茶园中,茶树种植年限超过 15 年,土壤结构不良,有机质及养分严重亏缺。土壤酸化及退化现象严重阻碍了茶树的正常生长,导致优质芽茶的生产能力极为低下。此类茶园长期施用大量化肥,病虫草害控制以人工除草结合农药喷洒为主,管理成本居高不下,部分茶园甚至出现撂荒弃置的现象。这些都成为限制南方山地区域茶产业走向绿色可持续高质量发展道路的瓶颈问题。

因地制宜利用当地农业残余物料和益生菌资源,结合适宜的茶-草间植管理技术实现生物除草控虫^[10],降低茶园管理成本,在减施化肥的前提下调控和培育茶园土壤,是南方富锌富硒茶、高山茶等特色名优茶产品持续发展亟须解决的现实问题。目前,国内外的研究集中在茶树测土配方施肥和改良茶树栽培管理技术,通过碱性矿物延缓土壤酸化等改良措施^[11],以应对茶园土壤酸化、肥力下降和重金属污染等问题。而关于如何统筹菌剂、有机-无机缓释肥和茶园管理技术,综合提升茶园土壤质量的研究相对较少。从南方茶园土壤特性和茶树生长需求特性出发,综合运用具有溶磷、固氮、降解纤维素等多种功能的复配菌剂和以生物质废弃物再利用材料(如秸秆、茶渣、酒糟渣等)为主要成分的土壤修复基质^[12-13],结合以抑杂草(如大豆、白三叶)和驱虫除虫功能(如除虫菊等)的草种进行茶-草间植^[14-15],实现生物控虫除杂的绿色茶园管理技术,将有助于构建集菌-肥-草-耕等要素于一体的高品质茶园土壤绿色调控关键技术体系,在降低化肥用量的前提下改良茶园劣化土壤,将为我国南方山区茶产业的健康持续发展提供新的解决。

1 可以采用的技术措施

(1) 选育用于茶园酸化及退化土壤的功能性菌,组合多菌种形成复配菌剂

选育茶园土壤专用功能性菌种的具体步骤包括:收集土壤样本、驯化和选育解磷固氮菌^[16]、产碱纤维素降解菌和茶树菌根菌等优良菌株^[17-18],根据供试茶园土壤环境进行驯化选育,以不同功能菌株对植物的促生效能和茶树收获物类型初步确定各功能菌的配搭,获得最优的菌种复配方案和菌剂制

备工艺^[19], 为茶园土壤复配菌剂提供最佳的菌种复配和施用方案。通过设置不同菌种及剂型配比下的栽培验证实验, 参照农业行业标准《NY/T 1536-2007 微生物肥料田间试验技术规程及肥效评价指南》检测土壤酸度、养分、结构等指标, 同时检测植物生长生理指标, 综合评价复配菌剂调控茶园土壤养分、优化土壤益生菌群落结构和促进茶树生长生理的作用。

(2) 研发和利用新型茶园土壤修复基质

充分利用茶园产地附近的秸秆, 茶树修剪物等生物质废弃物制备茶园土壤修复基质^[20]。可根据农业农村部颁布的《农田土壤环境质量监测技术规范》, 参照《贵州高产优质茶园栽培技术规程》中的指标和方法对施用后的茶园土壤环境质量进行连续监测和评估, 结合茶树生长生理指标和茶叶品质检测数据, 优化茶园土壤修复基质中有机质物料、确定各组分原料的用量和配比, 明确不同修复基质的配比、用量及不同配合复配菌剂施用方式。如李剑峰等以菌胞外高分子聚合物 EPS (解磷菌菌体分泌) 为包覆缓释材料制备的缓释氮磷钾复合肥为主要成分, 添加青秸秆浸提滤渣、茶膏浸提废渣等多孔有机吸附物料后制备的“EPS 复合岩表修复基质”兼有补充土壤有机质, 改善土壤团粒结构, 持续提供氮磷钾速效养分的作用^[21]。此类新型修复基质经过验证和优化, 已被证明能够替代化肥和部分有机肥, 实现化肥减施量达到 30% 以上, 与柑橘沼肥部分替代化肥施用技术相一致^[22]。配合不同用量的复配菌剂, 可有效实现茶园土壤养分和结构的绿色调控。

(3) 利用茶—草间植实现茶园虫草害生物防控与土壤生物培肥

绿肥植物, 特别是大豆、白三叶等豆科植物, 对新生及矮生杂草具有较强的抑制作用, 同时也是固氮绿肥植物^[23-24]。除虫菊的生活植株及花、茎秆的水浸出液均可杀灭作物和林木害虫, 使用安全无污染^[25]。这两种功能性草种均适宜酸性土壤且无法对茶树形成竞争, 是理想的茶园除虫除草植物。茶树与白三叶、大豆等间植能够实现茶园草害的生物防治, 白三叶和豆还可以作为还田绿肥植物, 通过其根瘤的生物固氮作用为茶树提供氮素和有机质。统筹茶园深耕—施肥—绿肥还田—铺草的全过程, 能有效建立茶园虫草害防控与土壤培肥于一体的茶园绿色管理技术。

2 主要技术难点与问题分析

(1) 复配菌剂中多种促生菌的拮抗和竞争

复配菌剂中多种促生菌的拮抗和竞争问题可以通过采用各菌种独立发酵成菌液后, 以自主研发的青秸秆粉菌剂载体基质^[20]分别吸附承载活菌并独立包装的方式解决, 使各功能菌具有相对独立和稳定的微环境。在施用前, 根据具体应用场景和目标, 对固体菌剂进行复配, 以确保在储运及土壤应用过程中, 各功能菌能保持足够的活菌数量。

(2) 复配菌剂和茶园土壤修复基质制备的成本控制

以微生物和生物质物料修复和调控土壤需要使用大量的复配菌剂和土壤修复基质, 两种制剂的制备需要大量发酵培养基和有机质物料, 同时需要注意不能引入病原体, 重金属离子和有害污染物。如何降低菌剂和土壤修复基质的制备和原料收集转运成本, 使之不高于现有茶园管理成本是重难点问题。就地利用秸秆、茶渣等物料的浸提液作为发酵培养基^[26]进行菌剂的低成本发酵制备。粉碎的秸秆、修剪茶枝和生产茶膏后的废弃茶渣再次浸提后的滤渣可以作为复配菌剂的吸附载体及土壤修复基质的吸附载体和有机质物料, 便于茶园或茶场就地生产, 对技术工艺和设备条件要求不高, 可在茶场内就近生产且不产生废渣废水, 能显著降低复配菌剂和复合土壤修复基质的生产成本。

3 总结与展望

茶园土壤环境是决定茶叶品质和产量的主要因素。茶树长期生长代谢及化肥的长期使用, 导致茶园表层土壤酸化板结, 磷、硒有效性下降, 同时铅、氟元素在茶叶中过量积累, 进而降低茶园生产力和茶叶品质^[27]。功能性菌剂的应用, 可有效调控土壤酸度, 优化土壤养分结构, 并改善土壤微生物区系。充分利用生物质农林废弃物能显著提升土壤有机质含量, 改善土壤结构^[28], 降低土壤过量铝富集对茶树的危害。利用豆科绿肥和控虫控草的草种进行茶—草间植, 能高效率低成本地抑制茶园杂草和害虫^[29]。本研究成功构建了集菌-肥-草-耕等要素于一体的高品质茶园土壤绿色调控关键技术体系, 为南方高龄退化茶园的可持续发展和产业升级提供了有力的技术支撑。目前国内外有关茶园土壤调控改良的相关研究主要集中于土壤酸化机理, 茶树测土配方施肥等方面, 通过茶—草间作实现茶园控虫控草的

技术也相对成熟。未来的研究应进一步优化和统筹运用促生菌剂复配技术、土壤修复基质制备技术和茶-草间植技术, 以实现茶园土壤质量的持续改善和茶叶品质的提升。此类技术集成需要根据茶叶产量及品质指标, 结合土壤质量调控效果, 反馈、优化和统筹运用促生菌剂复配技术、土壤修复基质制备技术和茶-草间植技术, 需要在降低化肥农药用量、提升茶叶品质的同时能有效压缩和控制菌剂和土壤修复基质的成本。这一技术集成将为茶企和农户调节茶园土壤酸度、改善土壤结构, 降低化肥用量, 增加土壤有机质和有效氮、磷、硒等养分含量, 优化茶树根际微生物群落结构, 提升茶产品的质量和市场竞争力提供有力的技术支撑。对促进南方高龄退化茶园的可持续发展和产业升级, 巩固当地脱贫攻坚成果, 推进乡村经济振兴有重要意义。

参考文献

- [1] 谢华萍,何群.四川川茶产业振兴研究报告[M].四川文化产业发展报告, 2024:191-202.
- [2] 龙义勤,袁立会,安晓双.贵州省茶叶生产机械化现状与发展建议微探[J].吉林蔬菜, 2024, (1): 192-192.
- [3] 赖飞,张宝林,杨清,等.凤冈县茶园土壤 pH 值变异特征及调控对策[J].农技服务,2012,29(05):570-571+587.
- [4] 方洪生,李成林.茶园土壤板结成因及改良措施研究进展[J].现代农业科技,2024,(01):128-132.
- [5] 孙继海,吴子铭.茶园土壤活性酸度动态、土壤酸化及最适酸度的初步研究[J].土壤肥料,1980(03):16-23.
- [6] 吴思颖,汪小钦,曾舒娇,林敬兰,陈妙金.基于 CSLE 的安溪县土壤侵蚀估算与分析[J].中国水土保持科学,2019,v.17(04):112-121.
- [7] 张倩.江苏省典型茶园土壤酸化动态及调控措施研究[D].南京农业大学,2011.
- [8] 张硕,余秀宏,余书平,等.重金属胁迫对茶树的影响和调控技术研究进展[J].中国茶叶,2021,43(07):14-18.
- [9] 刘义,徐一帆,邵树勋.贵州凤冈县田坝村茶园土壤硒的含量及评价[J].贵州地质,2012,29(01):72-76.
- [10] 陈仕红,叶照春,冉海燕,等.幼龄茶园间作白三叶草和黑麦草替代控草效果及其对茶树的影响[J].杂草学报,2021,39(02):36-40.
- [11] 余跑兰,孙永明,李小飞,等.施用白云石粉对茶园土壤酸化及茶叶品质与产量的影响[J].茶叶通讯, 2020, 47(01): 46-51.
- [12] 丁园,刁莉,龙燕,等.蒙脱石负载溶磷菌联合磷肥对茶园土壤磷的调控[J].安徽农业大学学报,2023,50(03):484-489.
- [13] 林秀美,陈信石.茶园施用“肥力高”生物固氮菌肥试验初报[J].福建茶叶,2000,(01):4-5.
- [14] 段玉,邢弘擎,刘国栋,等.茶树-绿豆/大豆间作对茶园土壤和茶叶品质的影响[J].南京农业大学学报, 2022, 45(03):511-520.
- [15] 陈仕红,叶照春,冉海燕,等.幼龄茶园间作白三叶草和黑麦草替代控草效果及其对茶树的影响[J].杂草学报, 2021,39(02):36-40.
- [16] 张淑卿,郭金梅,李剑峰,等.解磷菌与解磷固氮双效菌对贵州富硒土及茶苗硒锌含量的影响[J].茶叶科学, 2024, 44(03):431-442.
- [17] 陈雅娟.产碱性纤维素酶菌株的筛选,酶学性质及相关基因的研究[D].广西大学,2013.
- [18] 飞霞.丛枝菌根真菌对茶树硒吸收,积累的影响[D].贵州大学,2023.
- [19] 师尚礼,李剑峰,张淑卿,等.一种植物促生菌及其菌剂与其制备方法和应用: CN201010529293[P]. CN 102031231B[2024-11-28].
- [20] 李剑峰,师尚礼,曹文侠,等.以青秸杆制备植物促生菌剂载体基质的方法: CN 201110123931.7 [P].CN102428914A[2024-11-28].
- [21] 李剑峰,张淑卿,郭金梅,等.一种 EPS 复合岩表修复基质.CN201911063985.1[2024-11-28].
- [22] 陈霞,罗友进,程玥晴,等.长期沼肥深施对果园土壤养分和酶活性的影响[J].江西农业学报, 2021, 033(011):103-107.
- [23] 张红兰.茶豆套作对茶叶品质和杂草防控的影响[D].贵州大学,2023.
- [24] 陈仕红,叶照春,冉海燕,兰献敏,何秀龙.幼龄茶园间作白三叶草和黑麦草替代控草效果及其对茶树的影响[J].杂草学报,2021(02):36-40.
- [25] 周黎,曾拓,李进进,等.除虫菊间作套种模式及其农艺效应初探[J].贵州师范大学学报(自然科学版), 2022, 40(03):18-26+32.

- [26] 李剑峰,师尚礼,曹文侠,等.一种微生物发酵培养基的制备方法: CN201110146217.X [P]. CN102277299B [202 4-11-28]. 和品质及茶园土壤的影响[J].茶叶通讯, 2021, 48(03): 422-429.
- [27] 郑娇莉,黄大野,姚经武,等.茶园土壤农药残留及其迁移转化过程研究进展[J].湖北农业科学,2019,58(22):5-8+18.
- [28] 余高,陈芬,谢英荷,等.农业有机废弃物资源化利用潜力与安全性评价[J].河南农业科学,2020,49(03):79-87.
- [29] 谢克孝,薛志慧,陈志丹.茶园间作不同植物对茶叶产量

版权声明: ©2024 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS