

湖北利川茶园施肥“三改”解酸培肥技术及应用

冉露¹, 牟勇², 牟绪华³, 胡正印^{3*}, 周富忠¹

¹利川市农业综合开发服务中心, 湖北 利川

²利川市柏杨坝镇农业农村服务中心, 湖北 利川

³利川市农业产业发展促进中心, 湖北 利川

收稿日期: 2025年8月11日; 录用日期: 2025年9月12日; 发布日期: 2025年10月27日

摘要

针对湖北利川茶园土壤酸化、黏化板结、养分失调、地力下降的现状, 以及常规施肥中存在的“重化肥轻有机肥、重大量元素轻微量元素、重春夏追肥轻冬管培肥”的“三重三轻”现象, 结合茶叶生产特性, 提出茶园施肥“三改”。即改良肥料品种, 改重化肥为有机肥与配方肥并重, 春夏叶面补施钙镁锌硼中微量元素肥, 冬管增施土壤调理剂; 改进施肥方式, 改茶园行面撒施为行间机械沟施、深施; 改优施用时间, 改春夏季猛追化肥为重冬管主施基肥解酸培肥、辅春夏巧施补施追肥提质增效。通过施肥“三改”技术应用, 茶园土壤酸化逐渐缓解, 土壤结构逐步改善, 土壤肥力日益提升, 化肥利用率显著提高, 茶树抗逆性明显增强, 稳步实现利川茶产业优质、高产、高效和可持续发展。

关键词

利川茶园, 土壤酸化, 施肥“三改”, 土壤调理剂, 应用效果

Fertilization “Three Reforms” Technology for Acid Neutralization and Fertility Enhancement in Hubei Lichuan Tea Plantations and Its Application

Lu Ran¹, Yong Mou², Xuhua Mou³, Zhengyin Hu^{3*}, Fuzhong Zhou¹

¹Lichuan City Agricultural Comprehensive Development Service Center, Lichuan Hubei

²Lichuan City Baiyangba Town Agricultural and Rural Service Center, Lichuan Hubei

*通讯作者。

文章引用: 冉露, 牟勇, 牟绪华, 胡正印, 周富忠. 湖北利川茶园施肥“三改”解酸培肥技术及应用[J]. 土壤科学, 2025, 13(4): 173-182. DOI: 10.12677/hjss.2025.134021

Abstract

To address soil acidification, clay compaction, nutrient imbalance, and declining fertility in Lichuan tea plantations, as well as conventional fertilization practices characterized by “emphasizing chemical fertilizers over organic fertilizers, prioritizing macronutrients while neglecting secondary/micronutrients, and focusing on spring/summer topdressing while overlooking winter management and fertility-building” (“three emphases and three neglects”), this study proposes three reforms in tea plantation fertilization based on tea production characteristics. Reforming fertilizer types: Shifting from chemical fertilizer dominance to a balanced combination of organic and formulated fertilizers, supplemented with calcium-magnesium-zinc-boron micronutrient foliar sprays in spring/summer, and adding soil conditioners during winter management. Reforming application methods: Changing surface broadcasting along tea rows to mechanized deep furrow application in inter-row spaces. Reforming timing strategy: Prioritizing heavy winter basal fertilization for acid neutralization and fertility enhancement over aggressive spring/summer chemical topdressing, supplemented by precise seasonal topdressing for quality improvement. Implementation of these reforms has progressively alleviated soil acidification, improved soil structure, enhanced fertility, increased fertilizer utilization efficiency, strengthened tea plant stress resistance, and steadily advanced high-quality, high-yield, efficient, and sustainable tea production in Lichuan.

Keywords

Lichuan Tea Plantation, Soil Acidification, Fertilization “Three Reforms”, Soil Conditioner, Application Effect

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

利川市位于湖北西南边陲，是恩施州重要的茶叶产区。利川种茶制茶历史悠久，已有两千八百多年，是中国名茶“利川红”的发源地，自西周开始种茶，明初渐为人知，清道光年间迈向兴盛。唐朝时，利川雾洞茶就是朝廷贡品之一。从明成祖朱棣为利川雾洞绿茶赋诗，到毛坝镇 14 任党委书记接力种茶 40 余年，再到茶人谢文英拿到世界最高有机标准德米特认证，利川茶史是一部传承史、一部奋斗史、更是一部探索史。利川是中国名茶之乡、中国茶文化之乡、全国重点产茶县域、全国红茶重点产区，茶叶产业已成为利川农业经济的支柱产业。2025 年，全市茶叶种植面积近 28 万亩、茶叶产量 2.5 万吨、综合产值达 36 亿元、品牌价值 21.8 亿元。“利川红”位列国家地理标志红茶品牌价值排行榜第 7 位，荣获 2024 福布斯中国茶行业系列推选年度茶区域公用品牌，金字招牌越擦越亮[1]-[3]。然而，在茶园施肥方面，长期存在着肥料品种单一、施肥方式粗糙、施用时期失当等问题，不仅造成肥料浪费、投入增高，还导致土壤酸化、结构恶化、肥力下降等不良后果。因此，利川农业相关部门综合全国农技推广中心《茶园有机肥替代化肥技术方案》[4]、恩施州农业农村局《茶树科学施肥方案》[5]和众多同行、专家们的茶树科

学施肥指导意见[6] [7], 结合利川气候特点、茶园土壤肥力现状及常规施肥方式, 承优去劣、提炼创新, 制定了利川茶园施肥“三改”解酸培肥技术, 经近年多点示范推广应用, 收到良好效果, 对于改良培肥利川茶园土壤、提高茶叶产量和品质, 促进茶叶产业可持续发展具有重要意义。

2. 利川茶园常规施肥及土壤肥力现状

2.1. 茶树的基本特性和需肥规律

茶树属典型的喜酸耐酸植物, 一般土壤 pH 在 4.0~6.5 之间均能正常生长, 最适宜的 pH 范围为 4.5~5.5, 该范围下土壤铁、锰等微量元素有效性高, 铝离子浓度适宜, 根系养分吸收效率最高, 茶多酚、氨基酸等鲜叶内含物积累最佳。pH < 4.0 时, 土壤过酸会引发铝、锰元素毒害, 抑制根系生长; 而 pH > 6.5 时, 土壤养分易固定、钙易累积, 茶树对铁、锌的吸收能力变差, 导致叶片黄化、内含物减少, 茶叶品质下降[8]-[10]。

茶树是以采收幼嫩芽叶为对象的多年生经济作物, 每年要多次从茶树上采摘新生的绿色营养嫩梢, 营养耗损极大。因此, 平衡施肥是茶叶优质、高产、稳产的重要措施。茶树对矿质元素的需求表现出多元、喜铵、聚铝、忌氯、嫌钙等特性。以氮为主合理配施磷钾和中微量元素肥料, 有利于茶叶产量及品质提高。大量试验表明, 成龄茶树对氮、磷、钾的适宜比例为 $N:P_2O_5:K_2O = 1:0.4:0.7$ [10]。从利川多年的测土配方施肥效果监测看, 高产茶园的氮磷钾(折纯)配比基本在 4:1:1 至 3:1:2 间。利川成年茶树鲜叶产量一般在 1000~1500 kg/亩, 年需氮(N)量 45~60 kg [10]。

2.2. 利川茶园的土壤肥力现状及主要障碍

利川第三次全国土壤普查最新数据显示: 耕园地土壤 pH 3.73~8.39 ($n = 1954$), 均值 5.56, 中位数 5.27; 有机质 27.0 g/kg、全氮 1.67 g/kg、有效磷 45.3 mg/kg、速效钾 171.2 mg/kg、有效硫 32.0 mg/kg、交换性钙 1250 mg/kg、交换性镁 124 mg/kg、有效锌 1.36 mg/kg、有效硼 0.38 mg/kg。按《湖北省耕地质量监测指标分级标准》(鄂耕肥[2018] 16 号)评价, 耕地酸化是利川土壤的主要障碍, 有超过 60% 的样点 pH 低于 5.5; 从各养分均值看, 有机质含量中等, 大量元素氮、磷、钾处于较高至高水平, 中量元素硫、钙、镁含量较低, 微量元素锌含量中等、硼含量较低。

利川茶园主要分布在海拔 700~1300 m 区域, 土壤多为黄壤、黄棕壤及部分酸性紫色土。其肥力水平基本与全市耕园地的情况相当, 但土壤酸化和中微量元素缺乏矛盾更为突出。以利川的茶叶生产全域化大镇、重镇毛坝为例, 2024 年茶园 10.6 万亩, 约占利川茶园总面积的 40%。当年测土配方施肥采集检测土样 473 个, pH 3.62~8.81, 均值 5.07 (按第三次全国土壤普查标准为轻度酸化), 茶树适宜范围 4.5~5.5 之间的样点不足一半, <4.0 的约占 10%、>6.5 的约占 13%, 近 1/4 的区域不适宜种植茶树; 从中微量营养元素含量看, 茶园土壤约有四成缺钙、六成缺锌、八成缺硼、九成缺镁。土壤磷、钾含量较高, 会对锌、钙镁产生拮抗, 影响茶树对锌、钙、镁的正常吸收, 制约了茶叶产量和品质的提高。范晓晖等[11]报道, 我国茶园土壤 pH 平均为 4.68, pH < 4.5 的面积约占 44%; 颜鹏[12]报道, 湖北茶园 pH 均值 4.36, 一半在 4.5 以下, 强酸性土壤还会导致茶树对重金属铅的吸收显著提高。充分说明我国茶园土壤酸化问题突出。

2.3. 利川茶园的常规施肥方式及突出问题

利川茶园施肥长期存在“三重三轻”现象, 即“重化肥轻有机肥、重大量元素轻中微量元素、重春夏追肥轻冬管培肥”。茶农一味追求茶叶产量, 常年在春夏两季大量施用氮肥(每采摘一次撒施一次尿素), 长期大量偏施氮肥的不良习惯致使茶园病虫害加剧, 茶叶芽头细小、叶片变薄、品质变差, 茶树开花结

籽加重、早衰现象突出,从而出现单产下降、效益下滑的趋势。长期以来,由于部分茶农过度依赖化肥,忽视有机肥的施用,导致土壤板结、酸化加剧,土壤中氮、磷、钾等大量元素比例失调,中微量元素缺乏,影响了茶树的正常生长、茶叶产量和品质的提升。

第二次全国土壤普查结束 40 余年以来,利川茶园施肥经历了清晰可见的“三步曲”跨越:从早期依赖经验的传统施肥,到依据土壤肥力的测土配方施肥,再到如今种养结合的绿色精准施肥。20 年前是传统的“高氮”单质肥时期,茶农习惯在茶叶萌动前亩施“两袋子”作基肥(碳铵、过磷酸钙各 50 kg 左右),进入采摘期后每月亩追半袋至一袋尿素(20~40 kg),年氮(N)亩施入量高达 100 kg,低水平也超过 50 kg;2005 年启动测土配方施肥项目,发现耕地酸化突出、普通缺钾等障碍,茶园施肥逐步步入“降氮稳磷增钾”的测土配方施肥时期,基肥由单质肥为主向“氮肥 + 复合肥”模式过渡,氮磷钾配比与茶树需肥规律逐步靠近,追肥基本不变;近十年来,随着化肥减量增效、退化(酸化)耕地治理、绿色种养循环等项目的相继实施,有机肥的应用得到高度重视,茶园施肥进入“用地养地结合”的绿色精准化阶段,重抓冬管培肥,“配方肥 + 有机肥 + 土壤调理剂”作基肥,施用时间提前到秋冬季,追肥次数逐渐减少,化肥总量逐渐降低,既实现了化肥减量增效,又保障了土壤质量提升。

3. 茶园施肥“三改”解酸培肥技术的主要内容

主要通过改良肥料品种、改进施肥方式、改优施用时间的“三改”措施逐步优化利川茶园常规施肥习惯。用有机肥替减 20%~30%的化肥,化肥总氮(N)亩投入控制在 20~30 kg 之间[5][7],力改常规施肥中氮肥投入过高的劣习。

3.1. 改良肥料品种

改单一氮肥(尿素)为主为“两肥 + 一剂 + 中微”多头并重,即“高氮配方肥 + 有机肥 + 土壤调理剂 + 中微量元素肥料”。

高氮配方肥选择:结合土壤养分状况选择高氮配方肥,磷钾含量相对较低的茶园选用 38% (18-8-12)或相近配方茶树专用肥[4];磷钾含量中等的茶园选用 40% (24-7-9)或相近配方专用肥;磷钾含量较高的茶园选用 40% (30-5-5)或相近配方专用肥。

有机肥选择:有机肥具有改善土壤结构、提高土壤肥力、增加土壤微生物活性、促进茶树根系生长等多种作用。因农村劳动力缺乏,主要推荐施用商品有机肥,其用量相对较少,省时省力。包括有机肥料(NY/T 525-2021)、微生物菌剂(GB 20287-2006)、生物有机肥(NY 884)、有机无机复混肥(GB/T 18877-2020)、复合微生物肥料(NY/T 798-2015)等,有资源的区域也可就地就近利用发酵好的沤肥、厩肥、堆肥、油菜枯饼等农家肥。

土壤调理剂选择:因茶树为嫌钙作物,土壤钙含量(以 CaO 计)超过 0.5%就影响其正常生长[10]。因此,土壤调理剂建议选用以含硅、镁为主,而钙含量相对较低的矿物源微碱性调理剂,既能有效中和茶园土壤酸性,还可为茶树补充适量的钙、镁、硅营养,有效控制钙施入量,避免钙过量中毒。

中微量元素肥料选择:根据利川茶园中微量元素含量水平,重点补充镁、硼、锌、钙,可选用单质硫酸镁、硫酸锌、硼砂等,也可选用复合中微量元素肥料,一次性施肥营养一步到位。

3.2. 改进施肥方式

改茶树行面撒施为行间机械深施,全面提高肥料利用率。利川茶园多为坡地,可根据茶树种植规格和翻耕深度选择不同型号的小型微型翻耕机械。主要有:微型耕耘机,机身宽 60~100 cm、重量 30~100 kg,配备螺旋犁、深耕铲,翻耕深度 15~30 cm,适合窄行距作业;小型履带式深耕机,动力 5~15 马力,

机身宽 80~120 cm, 配备深耕犁、旋耕刀, 翻耕深度 20~40 cm, 适合坡地和黏重土壤作业; 小型开沟深耕机, 带开沟和深耕功能, 深度 20~30 cm; 手提式深耕机(挖坑/松土一体机), 重量仅 10~20 kg, 配备细长钻头、松土齿, 深度 15~25 cm, 适合行间局部深耕或定点松土。利川茶园管理机械化率已达到 60%以上, 多数家庭都拥有不同型号的微耕机、采茶机 1~3 台, 为茶产业提质增效提供了强有力的保障。

结合四季茶园管理, 分别抓好深耕、中耕、浅耕, 同时施好冬管基肥(还阳肥)、春季催芽肥、夏秋促梢肥。在秋茶采摘结束后, 深耕施基肥, 翻耕深度 30~40 cm, 确保基肥深度达到 30 cm 左右; 春茶开采前 30 天中耕施催芽肥, 可选用开沟、施肥、覆土一体化微型机械, 深度保持在 20 cm 左右; 分别在春茶和夏茶采摘结束后, 浅耕施促梢肥, 机械开沟施肥覆土, 深度 10 cm 左右。采用以上施肥方式, 能使肥料集中在茶树根系周围, 减少肥料的挥发和流失, 提高肥料利用率。冬管机械深耕深松时应尽量把有机肥、配方肥及土壤调理剂与茶园行间土壤混合均匀, 确保土壤调酸和培肥效果。另外, 山区茶园多为坡地, 机械作业时应注意安全。

对钙、镁、硼、锌等中微量元素肥料, 还可结合茶园病虫害防治进行叶面喷施。叶面施肥具有吸收快、作用强、用量省等优点, 能迅速补充茶树生长所需的养分, 特别是在茶树生长后期或土壤环境不利于根系吸收养分时, 叶面施肥效果更为明显。如在茶树遭受春季低温冻害、病虫害等灾害后, 及时喷施叶面肥可增强茶树的抗逆性和快速恢复生机。

3.3. 改优施用时间

施用时间改春夏猛追化肥为四季基追并重, 结合茶树品种、茶园树龄、采茶方式、土壤肥力确定肥料品种、用量和施肥次数。在下面的建议用量范围中, 幼龄及常年产量较低茶园少施、成龄及产量较高茶园多施。

主施基肥: 秋冬季是茶树根系生长的高峰期, 此时施基肥能为茶树提供充足的养分, 促进根系生长, 增强茶树的抗寒能力, 为来年春茶的生长奠定良好基础。在 10 月下旬至 11 月上旬, 地温还未降到 10℃ 以下前施用, 亩用 300~400 kg 商品有机肥[5] + 土壤调理剂 150~200 kg + 高氮配方肥 15~20 kg + 硫酸镁 3 kg [5] + 硫酸锌 1 kg [5] + 硼砂 1 kg [5], 将所有肥料拌匀后结合冬管机械深施。若施用有机无机复混肥或复合微生物肥料应酌情减少用量, 可不用高氮配方肥; 用农家肥代替商品有机肥则应增大用量, 亩用量提高到 500~1000 kg。

重施催芽肥: 春夏季是茶树生长的旺盛期, 需肥量大, 及时追施化肥能满足茶树生长对养分的需求, 提高茶叶产量和品质。春茶萌动前 20 天左右(2 月底 3 月初), 亩机械施沟施高氮配方肥 40~50 kg。

轻施夏秋促梢肥: 为补充茶树因采摘而消耗的养分, 促进夏秋茶的生长, 春茶、夏茶采摘结束后, 亩机械沟施高氮配方肥 20~25 kg。不采秋茶的茶园不施最后一次促秋梢肥。

4. 茶园施肥“三改”解酸培肥技术的应用效果

利川茶园施肥“三改”通过多年实践总结提炼, 于 2020 年基本形成完整技术体系, 并于次年结合退化(酸化)耕地治理、化肥减量增效、绿色种养循环等项目建设, 在利川茶叶老区毛坝镇五二村胡家茶园、毛坝镇苦茶村、忠路镇凤凰村雾洞茶基地, 茶叶新区柏杨坝镇龙凤村金利茶叶基地、文斗镇太阳坪村等多地 12 个示范点(表 1)连续 4 年应用, 调查结果显示, 在提高肥料利用率、缓解土壤酸化、改善土壤结构、培肥土壤地力、增强茶树抗性 & 茶叶高产优质等方面效果突出。

因土壤肥力、土壤酸化程度和茶叶种植、采收习惯差异, 按茶叶种植老区和新区制定了不同的“三改”示范与常规施肥方案, 具体内容见表 1。

Table 1. Distribution of demonstration sites and demonstration treatment contents
表 1. 示范点分布及处理内容

代号	示范地点	示范面积	对照面积	“三改”示范施肥内容	对经常规施肥内容
A1	毛坝镇五二村	82	6		
A2	毛坝镇苦茶村	43	2	冬肥：亩用有机肥 400 kg +	春肥：复合肥(15-15-15)
A3	毛坝镇五一村	12	1	38% (18-8-12)配方肥 20 kg +	50 kg/亩；
A4	忠路镇主坝村	8	2	土壤调理剂 200 kg；	夏肥：尿素 40 kg/亩；
A5	忠路镇凤凰村	102	10	春肥：配方肥 50 kg/亩；	秋肥：尿素 40 kg/亩。
A6	忠路镇城池村	15	3	夏肥：配方肥 25 kg/亩；	
				秋肥：配方肥 25 kg/亩。	
B1	文斗镇太阳坪村	4	1		
B2	文斗镇花台村	2	1	有机肥用量降为：300 kg/亩；	
B3	沙溪乡八银村	3	1	调理剂用量降为：150 kg/亩；	春肥：复合肥(15-15-15)
B4	沙溪乡玉河村	18	2	配方肥比例改为：30-5-5；	50 kg/亩；
				不施秋肥，其他与 A 区相同。	夏肥：尿素 40 kg/亩。
C1	柏杨坝镇龙凤村	56	4	配方肥比例改为：24-7-9；	
C2	柏杨坝镇友好村	6	1	其他与 B 区相同。	

说明：(1) 每年 10 月下旬至 11 月上旬冬管，“三改”示范结合行间机耕深施冬肥，常规处理不施冬肥；“三改”春、夏、秋肥施用方式为行间机械沟施，常规为行面撒施，时间分别在次年 2 月中旬、5 月下旬、7 月下旬施用；A 区为茶树种植老区，B、C 为新区。(2) 老区茶树树龄长(15 年以上)，采茶季节长(春、夏、秋三季)，多年偏施氮肥，土壤磷钾消耗大、酸化严重，故示范处理有机肥和土壤调理剂用量比新区大，配方肥中磷钾配比相对较高。新区树龄多在 6~10 年间，因不采摘秋茶，故未施秋肥；B 区原多为烟草种植区，土壤磷钾积累高，故配方肥选用“30-5-5”的高氮配比；C 区原为粮食种植区，土壤磷钾含量相对低于 B 区，故配方肥选用“24-7-9”配比。(3) 有机肥由绿色种养循环项目提供，供货单位有恩施五洲牧业(毛坝、沙溪)、利川润土(忠路、文斗)、宜昌楚龙(柏杨坝)；配方肥由化肥减量增效项目采购，因内含镁、锌、硼等中微量元素，故处理中未另外添加镁锌硼肥，供货湖北恩施壮农业科技有 限公司；土壤调理剂由退化(酸化)耕地治理项目采购，中标单位武汉秀谷科技。

4.1. 治酸化、改结构、提地力、土壤生态改善明显

连续实施茶园施肥“三改”4 年以上的 12 个示范点土样检测结果显示(见表 2)：茶园土壤 pH 提高 0.25~0.51 个单位，盐基饱和度由 18.52%~35.46%提高到 25.65%~38.23%，土壤有效锰、有效铁不同程度下降，降幅分别为 11%、14%，土壤酸化引起的铁、锰毒害风险显著降低；土壤有机质平均提高 0.52 g/kg，容重均值由 1.28 g/cm³ 降至 1.22 g/cm³，土壤表层坚实程度降低、孔隙度增加，土壤肥力提升、疏松多孔、结构明显改善；土壤中白色菌丝、蚯蚓等土壤动物增多，生物多样性增强、土壤生态环境逐渐优化。有机肥与土壤调理剂结合深施，对抑制和缓解土壤酸化效果显著，这一结论在利川非茶园酸化土壤上也得到多处印证[13]-[15]。矿物源土壤调理剂富含钙、镁、硅、硫、钾等矿质元素，可以补充土壤矿质养分，同时 Ca²⁺、Mg²⁺、K⁺等能与土壤中的 Al³⁺竞争交换位点，中和土壤溶液中的 H⁺，提高土壤 pH，从而改善土壤的酸化状况[16]。赵丽芳等[17]针对浙江温州地区红壤茶园土壤酸化，通过配施矿物型土壤调理剂和有机肥，不仅提高了茶园土壤交换性阳离子和养分含量，还有效提升了茶园土壤 pH。

Table 2. Test results of soil-related traits between “Three Reforms” and conventional treatment at demonstration sites
表 2. 示范点 “三改” 与常规处理土壤相关性状检测结果

代号	pH		有机质 g/kg		有效铁 mg/kg		有效锰 mg/kg		盐基饱和度%		容重 g/cm ³	
	常规	三改	常规	三改	常规	三改	常规	三改	常规	三改	常规	三改
A1	4.36	4.85	32.62	33.12	49.8	42.6	21.4	18.5	25.88	30.18	1.27	1.26
A2	4.12	4.52	28.45	29.16	66.2	58.4	24.5	22.3	23.36	25.66	1.18	1.16
A3	3.95	4.33	22.54	23.18	106.3	88.8	62.2	56.8	20.45	23.81	1.35	1.32
A4	3.74	4.02	23.48	24.24	125.4	92.7	71.6	60.2	18.52	25.65	1.24	1.21
A5	4.05	4.38	30.72	31.7	72.6	58.5	28.3	24.7	19.22	24.32	1.28	1.24
A6	4.48	4.85	31.84	32.21	44.5	40.3	14.5	12.9	33.54	36.12	1.22	1.18
B1	4.52	5.01	33.22	33.65	40.4	35.6	11.4	10.5	34.12	37.85	1.16	1.15
B2	4.26	4.62	25.56	26.07	54.1	48.4	23.6	20.1	24.37	27.74	1.23	1.18
B3	4.4	4.68	27.34	27.58	75.3	67.2	37.2	32.8	28.95	32.15	1.42	1.26
B4	4.64	5.15	35.15	35.33	32.8	28.8	8.7	8.5	35.46	38.23	1.38	1.24
C1	4.33	4.58	30.5	31.09	86.5	72.5	51.8	45.4	30.84	32.65	1.32	1.28
C2	4.56	5.03	31.23	31.55	72.4	66.3	32.9	29.0	32.15	34.33	1.25	1.20
均值	4.28	4.67	29.39	29.91	68.86	58.34	32.34	28.48	27.24	30.72	1.28	1.22
SD	0.27	0.33	3.96	3.87	27.42	20.25	20.06	17.32	6.08	5.26	0.08	0.05
RSD%	6.33	7.06	13.47	12.93	39.82	34.72	62.02	60.84	22.31	17.12	6.21	4.25
t 值	14.77**		7.77**		4.42**		4.51**		8.18**		3.73**	

注：SD 为标准差，RSD%为相对标准差(变异系数)，t 值为 Excel 数据分析中的成对双样本 t 检验结果，“**”表示处理间差异达显著水平(P < 0.05)，“***”表示处理间差异达极显著水平(P < 0.01)，下同。

4.2. 抓替代、优配方、重深施、化肥减量增效显著

示范展示中“三改”示范与常规施肥比较(表 3)，化肥总量及氮投入量都不同程度下降(B 区纯氮略增)，特别是老区因多施一次秋肥降幅较大，纯氮用量减少 50%以上，总养分减少 20%以上。因此，化肥施用次数越多，减量增效越明显。

Table 3. Comparison of pure chemical fertilizer input between the “Three Reforms” demonstration and conventional fertilization
表 3. “三改”示范与常规施肥化肥纯量投入比较

代号	三改示范(kg/亩·年)				常规施肥(kg/亩·年)				纯 N 比常规		总养分比常规	
	总养分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	总养分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	±kg	±%	±kg	±%
A 区	45.6	21.6	9.6	14.4	59.3	44.3	7.5	7.5	-22.7	-51.24	-13.7	-23.10
B 区	38	28.5	4.75	4.75	40.9	25.9	7.5	7.5	+2.6	+10.04	-2.9	-7.09
C 区	38	22.8	6.65	8.55	40.9	25.9	7.5	7.5	-3.1	-11.97	-2.9	-7.09

通过施肥“三改”，用高氮配方肥代替传统的“二袋子”肥和测土配方施肥初期的“尿素 + 复合肥”模式，优化了氮磷钾比例，N:P₂O₅:K₂O 基本保持在 3:1:1.2 左右；用不同类型的有机肥替代部分化肥，有效降低了茶园氮投入，年亩纯氮投入量控制到 30 kg 以下，比传统施肥下降 40%~70%，比粗放式测土配方施肥减少 10%~30%；采用机械沟施、深施，减少了肥料的挥发、流失和固定，使肥料能够更有效地被茶树根系吸收利用，肥料利用率进一步提高。各示范点调查结果表明，化肥综合利用率提高到 45%左右，比常规施肥提高 10%以上。

4.3. 补营养、促平衡、强抗性、高产优质效益提升

根据示范点 2024 年的茶叶测产及性状、抗性调查结果看(表 4)，施肥“三改”优化了茶园施肥管理，在配方肥中添加了镁、硼、锌等营养，为茶树补充了中微量元素，补齐营养短板，实行健身栽培，树势增强，从而提高了茶树的抗寒、抗旱、抗病等抗逆能力。2024 年 2~3 月，利川连续三次出现极端低温天气，使二高山茶区 30%以上不同程度受冻，各低山区域也轻度受害，“三改”比常规的茶叶叶片受冻率降低 5%以上。近两年田间调查，示范区茶叶的茶饼病、白星病、炭疽病等主要病害的发病指数要低 1 个等级以上；2024 年，茶饼病病指“三改”仅为 1.6 级，比常规低 1 个等级。“三改”比常规亩均增产茶叶鲜叶近 130 kg，增幅超过 10%，亩增收超过 300 元。增产主要来源于茶叶芽头密度提高，差异达极显著水平；百芽重提高也作出显著水平级贡献。2024 年夏季采样制干后送检，结果见表 5，干茶叶中游离氨基酸、茶多酚、咖啡碱、可溶性糖和水浸出物等品质参数都不同程度提高，且前三者达到显著水平，茶叶品质更优。

Table 4. Survey results of tea yield, traits, and resistance at demonstration sites in 2024
表 4. 2024 年示范点茶叶产量及性状、抗性调查结果

代号	鲜叶产量 kg		三改比常规		芽头密度(个/m ²)		百芽重 g		叶片受冻率%		茶饼病病指	
	常规	三改	±kg	±%	常规	三改	常规	三改	常规	三改	常规	三改
A1	1415	1516	101	7.14	120.6	128.5	42.56	43.02	10.36	5.24	3.5	2.3
A2	1352	1483	131	9.69	112.7	124.8	41.84	42.29	22.57	15.84	2.7	1.5
A3	1227	1405	178	14.51	98.4	111.4	43.62	43.54	5.72	3.86	2.5	1.7
A4	1184	1378	194	16.39	91.2	104.3	42.13	42.75	12.35	10.16	3.1	1.9
A5	1342	1495	153	11.40	105.3	114.7	43.05	44.02	15.54	11.58	3.7	2.1
A6	1488	1621	133	8.94	124.5	135.6	42.44	42.58	7.23	5.95	3.3	2.3
B1	1224	1316	92	7.52	117.3	126.5	44.06	43.87	6.56	4.23	1.7	1.3
B2	1107	1242	135	12.20	110.6	123.4	42.55	43.21	18.15	13.37	1.5	1.1
B3	1068	1159	91	8.52	100.1	109.2	43.04	43.65	11.62	8.55	2.3	1.5
B4	1184	1306	122	10.30	114.5	125.6	43.85	43.62	25.32	18.91	1.9	1.3
C1	945	1052	107	11.32	90.6	101.3	41.63	42.83	36.53	21.57	2.1	1.1
C2	1018	1106	88	8.64	95.4	102.9	42.08	42.16	38.25	24.42	2.3	1.5
均值	1213	1340	127	10.47	106.8	117.4	42.7	43.1	17.5	12.0	2.6	1.6
SD	164.2	176.3	34.4	2.8	11.6	11.5	0.8	0.6	11.1	7.0	0.7	0.4
RSD%	13.54	13.16	27.08	26.47	10.85	9.77	1.86	1.44	63.47	58.22	28.20	26.28
t 值	12.79**		/		18.73**		2.98*		4.27**		8.91**	

Table 5. Test results of tea quality indicators at demonstration sites in 2004
表 5. 2004 年示范点茶叶品质指标检测结果

代号	茶多酚%		游离氨基酸%		咖啡碱%		水浸出物%		可溶性糖%	
	常规	三改	常规	三改	常规	三改	常规	三改	常规	三改
A1	19.95	20.22	3.08	3.12	3.15	3.26	35.41	35.64	4.26	4.35
A2	20.33	20.28	3.15	3.06	3.18	3.14	35.84	36.22	4.32	4.28
A3	20.78	20.95	3.25	3.38	3.36	3.45	36.05	36.15	4.41	4.46
A4	21.13	21.24	3.28	3.32	3.44	3.52	36.35	36.21	4.45	4.33
A5	20.16	20.08	3.12	3.05	3.24	3.32	35.69	36.08	4.35	4.57
A6	19.88	19.54	3.02	3.1	3.05	3.18	35.23	35.56	4.15	4.35
B1	20.85	21.06	3.22	3.37	3.31	3.23	35.96	35.65	4.43	4.28
B2	21.55	21.89	3.33	3.52	3.57	3.54	36.85	37.02	4.53	4.62
B3	21.42	22.04	3.31	3.44	3.65	3.72	37.35	37.28	4.51	4.56
B4	21.26	21.48	3.32	3.28	3.48	3.56	36.64	36.95	4.48	4.39
C1	21.65	22.15	3.36	3.52	3.72	3.7	37.62	37.43	4.68	4.85
C2	21.34	21.88	3.28	3.36	3.68	3.75	37.12	37.86	4.55	4.75
均值	20.86	21.07	3.23	3.29	3.40	3.45	36.34	36.50	4.43	4.48
SD	0.64	0.87	0.11	0.17	0.22	0.22	0.78	0.77	0.14	0.19
RSD%	3.05	4.13	3.39	5.21	6.56	6.31	2.13	2.12	3.21	4.19
t 值	2.61*		2.48*		2.29*		1.87		1.48	

5. 结论与讨论

茶园施肥“三改”解酸培肥技术，突出有机肥与配方肥、大量元素与中微量元素、基肥与追肥、用地与养地(修复)“四个结合”，是一套符合当地茶园土壤肥力状况和茶叶生产特点的科学施肥技术体系。有机肥部分替减化肥，提高了化肥利用率，实现了化肥减量增效，确保了茶园土壤肥力持续稳定提高；科学优化氮磷钾比例，基施或喷施中微量元素肥料，实现了茶园施肥全营养，降低了营养元素拮抗，促进了茶叶高产优质；加强冬管重施基肥，合理调整追肥用量和时期，确保了茶树营养持续平稳供应；冬管增施低钙矿物源土壤调理剂，中和土壤酸性，适度提高土壤 pH，优化土壤生态、提升了土壤质量，并适量补充了钙镁硅等中量元素营养。按示范设计方案，茶园施肥“三改”技术比常规施肥减少化肥投入可达 20%以上，增产 10%以上，亩增加产值超过 300 元，化肥减量增效；茶园土壤有机质平均提高 0.52 g/kg，盐基饱和度提高 3.48 个百分点，土壤肥力增强；容重均值降低 0.06 g/cm³，土壤质地变轻、结构优化；pH 平均提高 0.39 个单位，土壤有效锰、有效铁分别下降 11%、14%，土壤酸化缓解、环境改善。因此，建议加大推广应用力度，加强对茶农的技术培训和指导，提高广大茶农对科学施肥的认识和应用水平，确保茶园施肥“三改”解酸培肥技术能够快速普及，为利川茶叶产业的持续健康发展提供有力支撑。

利川茶叶是一项富民产业，更是乡村振兴的支柱产业，技术要求相对不高，市场较稳定。亩产值在 5000 元以上，普通茶农亩净收入可达 2000 元，规模经营主体亩利润不低于 1200 元。但我国是茶叶大国，

茶园面积和茶叶产量长期稳居世界第一位[18], 2022 年已达 4995.4 多万亩, 产量 335 万吨。近年来, 遭遇欧盟、美国等绿色贸易壁垒阻碍, 销售不畅, 市场竞争异常激烈, 茶叶出口增长缓慢[19]。利川茶叶销售面临同样困境, 常年库存保持在 30%以上, 滞销年份超过 50%。因此, 如何抓好生产环节, 特别是施肥环节, 提高茶叶单产、降低成本, 减少农药残留、提升茶叶品质, 进一步增强利川茶叶出口竞争力, 是利川当前茶产业急需解决的问题[20]。各相关部门应进一步加大力度研究、推广和应用茶叶生产“三新”技术, 稳定茶园面积、提高茶叶产量、提升鲜叶品质, 确保支柱产业地位不动摇。

参考文献

- [1] 何治, 邹雄艳. (利川)砥砺工匠精神 做深“三茶”文章——专访中共利川市委副书记、市长熊翔[EB/OL]. 恩施州农业农村局(首页县市联播). http://nyj.enshi.gov.cn/xslb/202501/t20250122_1661433.shtml, 2025-01-22.
- [2] 秦卫飞, 黄学明. (利川)千年贡茶焕新彩[EB/OL]. 恩施州农业农村局(首页县市联播). http://nyj.enshi.gov.cn/xslb/202504/t20250427_1692469.shtml, 2025-04-27.
- [3] 恩施州生态环境局. 利川市: 做深“三茶”文章 绘就生态产业发展新蓝图[EB/OL]. 恩施州生态环境局. https://mp.weixin.qq.com/s?_biz=MzIwNDE0MzAzMA==&mid=2651336145&idx=3&sn=a022cb3601c8e503bf6553e66f4b9765&chksm=8c0dcc07f5cbb8595129f9e297f9ba162dd1cf171cbe3d015d9c698a6e911d4b16914855e49b&scene=27, 2025-05-27.
- [4] 农业农村部. 茶园有机肥替代化肥技术方案[EB/OL]. 中华人民共和国农业农村部(首页化肥农药减量在行动). https://www.moa.gov.cn/ztl/nyhfjlzxd/201712/t20171219_6103623.htm, 2017-12-01.
- [5] 恩施州农业农村局. 茶树科学施肥方案[EB/OL]. 恩施农业农村局(首页农技服务). http://nyj.enshi.gov.cn/njfw/202312/t20231227_1534451.shtml, 2023-12-27.
- [6] 向永生. 茶园施肥技术[EB/OL]. 恩施农业局(首页农技服务). http://nyj.enshi.gov.cn/njfw/201506/t20150618_363280.shtml, 2013-11-24.
- [7] 马立锋, 陈红金, 单英杰, 等. 浙江省绿茶主产区茶园施肥现状及建议[J]. 茶叶科学, 2013, 33(1): 74-84.
- [8] 何杨林. 茶园土壤酸化的原因与改良[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2010(6): 33+36.
- [9] 彭益书, 陈蓉, 杨瑞东, 等. 雷山县清水江组分布区茶叶种植区矿质元素分析[J]. 四川农业大学学报, 2017, 35(3): 359-369.
- [10] 谭宗文, 杨崇权, 周富忠. “宜施壮”专用肥在高山茶园的应用效果研究[J]. 农业科技通讯, 2018(4): 164-167.
- [11] 范晓晖, 陈慕松, 刘文婷, 等. 茶园土壤质量现状及改良措施研究进展[J]. 中国茶叶, 2023, 45(4): 19-24.
- [12] 颜鹏. 我国茶园土壤酸化情况研究取得新进展[EB/OL]. 中国农业科学院茶叶研究所, 浙江省茶叶研究院(首页新闻中心工作简报). <https://tri.caas.cn/xwzx/gzjb/227048.htm>, 2020-02-17.
- [13] 张勇, 牟绪华, 陈固, 等. 不同土壤调理剂改良酸化土壤及萝卜增产效果试验[J]. 农业科技通讯, 2023(1): 92-95.
- [14] 温权州, 冉露, 周富忠, 等. 土壤调理剂对降低土壤酸性和水稻镉含量的影响[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2022, 44(2): 184-189.
- [15] 周富忠, 朱学祝, 刘仁波. 加拿大碳酸钙火山盐岩(SRC)对酸化土壤的改良作用及在甘蓝上的应用效果[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(22): 91-96.
- [16] 黄晓德, 王壮伟, 万青, 等. 4 种土壤调理剂对茶与枇杷间作茶园土壤改良效果研究[J]. 中国野生植物资源, 2018, 37(5): 26-29.
- [17] 赵丽芳, 黄鹏武, 陈翰, 等. 土壤调理剂与有机肥配施治理红壤茶园土壤酸化与培育地力的效果[J]. 浙江农业科学, 2022, 63(11): 2692-2695.
- [18] 徐斌. 有机肥替代部分化肥对武夷山茶园土壤理化性质的影响[J]. 中国茶叶, 2023, 45(11): 58-62.
- [19] 郑国富, 于敏. 中国茶叶出口贸易发展的时空特征、主要问题与优化路径[J]. 茶叶, 2023, 49(4): 228-235.
- [20] 黄学明, 胡正印, 李宗轩, 等. “宜施壮”有机无机配方肥在高山茶园的应用效果分析[J]. 农业科技通讯, 2024(7): 129-133.