

竹山茶北亚热带低中山生境保护与 可持续发展案例研究

刘苏峡^{1,2*}, 范奇³, 李叶云⁴, 任图生⁵, 张小福⁶, 孟迪^{1,2}, 姚亭亭^{1,2},
杨丽虎^{1,2}, 马军花¹, 熊应标⁷, 丁葛⁸, 周作明⁹, 高兴恕¹⁰, 杨大明¹⁰,
陈必奇¹¹, 王兴明^{10,12}, 张永毅^{10,12}, 李佳荫¹⁰, 沈义锋^{13,14},
陈墩桥^{15,16}, 林航¹⁷, 杨松¹⁸, 李容¹⁹, 郭艳²⁰, 李明宏²¹,
张进²², 杨才华²³, 成伟^{10,12}, 张成²⁴

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 湖北省竹山县人民政府, 竹山 442200; 4. 安徽农业大学茶业学院, 合肥 230036; 5. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193; 6. 湖北省十堰市经济作物研究所茶研究室, 十堰 442099; 7. 湖北省竹山县委统战部, 竹山 442200; 8. 湖北省竹山县政协, 竹山 442200; 9. 湖北省十堰市发展与改革委员会, 十堰 442099; 10. 湖北省竹山县农业农村局, 竹山 442200; 11. 湖北省竹山县发展与改革局, 竹山 442200; 12. 湖北省竹山县茶叶产业办公室, 竹山 442200; 13. 竹山茶业集团有限公司, 竹山 442200; 14. 竹山县茶产业联合会, 竹山 442200; 15. 湖北圣水茶场有限责任公司, 竹山 442200; 16. 湖北省竹山县茶叶协会, 竹山 442200; 17. 湖北星梦茶业股份有限公司, 竹山 442200; 18. 湖北友花茶业科技有限公司, 竹山 442200; 19. 湖北省竹山县上庸镇, 竹山 442200; 20. 湖北省竹山县城关镇, 竹山 442200; 21. 湖北省竹山县得胜镇农业技术推广服务中心, 竹山 442200; 22. 湖北省竹山县宝丰镇农业技术推广服务中心, 竹山 442200; 23. 湖北省竹山县上庸镇农业技术推广服务中心, 竹山 442200; 24. 湖北省竹山县融媒体中心, 竹山 442200

摘要: 湖北省竹山县位于鄂西北秦巴山区, 地处南北气候过渡带, 迄今有千年的种茶历史。调查研究结果表明, 竹山 59.38% 的区域位于 500–1,000 m 的低山, 65% 的区域坡度在 25° 以下, 年降水量 959 mm, 年均气温 16 °C, 除了 7 月之外全年日均日照时数小于 6 h。茶园土壤和水质各项检测指标均符合国家标准, 均未检出农残。竹山茶具有高水浸物、高可溶性糖、高氨基酸、硒含量和独特香气等特性。竹山茶包括红茶和绿茶。其中, 竹山绿茶具有高茶多酚、高儿茶素特征; 竹山红茶具有高茶黄素和较高聚酯型儿茶素特征。截至 2024 年底, 竹山县户籍人口 44 万人。其中, 茶农达 20 万人。竹山茶业综合产值突破 70 亿元, 占全县 GDP 一半以上。竹山茶北亚热带低中山生境保护与可持续发展案例数据集内容包括案例区范围、自然地理环境(高程分类、坡度分类、气候、土壤、水质、植被等)、茶特性、社会发展、品牌和文化等数据。数据集存储为 .shp、.xlsx、.tif、.docx、.jpg 格式, 共由 56 个数据文件组成, 数据量为 548 MB (压缩为 1 个文件, 153 MB)。

收稿日期: 2025-05-06; 修订日期: 2025-11-09; 出版日期: 2025-12-24

基金项目: 中华人民共和国科学技术部(2022YFF0801804); 湖北省十堰市发展和改革委员会(2024)

*通讯作者: 刘苏峡, 中国科学院地理科学与资源研究所, liusx@igsrr.ac.cn

数据引用方式: [1] 刘苏峡, 范奇, 李叶云等. 竹山茶北亚热带低中山生境保护与可持续发展案例研究[J]. 全球变化数据学报, 2025, 9(4): 436–453. <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.04.08>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.14.2025.04.08>.

[2] 刘苏峡, 范奇, 李叶云等. 竹山茶北亚热带低中山生境保护与可持续发展案例数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.04.06.V1>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2025.04.06.V1>.

关键词：湖北省；竹山县；茶；地标生境；案例 23

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.04.08>

CSTR: <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.14.2025.04.08>

数据可用性声明：

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》出版，可获取：

<https://doi.org/10.3974/geodb.2025.04.06.V1> 或 <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2025.04.06.V1>.

1 前言

竹山县古称“上庸”，因境内茂林修竹、山清水秀被西魏废帝元钦改名为“竹山”。地处鄂西北山地，北属武当山，南属大巴山。秦岭巴山的青山、堵河的绿水孕育出优越的茶树生长环境，滋养着竹山这一“全国重点产茶大县”，也成就了竹山茶独具特色的甘润清爽。竹山县在湖北省农业区划里被划为鄂西北高山名优茶产区，2005年被中国特产之乡推荐暨宣传活动组织委员会命名为“中国高香型生态绿茶之乡”，获得“国家农产品质量安全县”“全国茶叶科技助农示范县域”“全国重点产茶县域”和“全国绿色食品原料（茶叶）标准化基地县”等称号，茶叶产业已经成为竹山县的一张名片。

2 数据集元数据简介

《竹山茶北亚热带低中山生境保护与可持续发展案例数据集》^[1]的名称、作者、地理区域、数据格式与数据量、数据集组成等信息如表1所示。

3 案例区范围

案例区为竹山县（图1），隶属湖北省十堰市，地处东经109°32′–110°25′、北纬31°30′–32°37′之间，东邻房县，北接郧阳区，西北邻陕西省白河县，西交竹溪县、陕西旬阳市，南接神农架林区、重庆市巫溪县。县城东北距十堰市城区158 km，东南距武汉市638 km。总面积3,586 km²。

竹山茶主要分布于竹山县的大观山、女娲山、大泉山3大茶叶片区，辐射带动全县16个乡镇。以大观山为核心，辐射竹坪、大庙、秦古、得胜4个乡镇，以女娲山为核心，辐射擂鼓、宝丰、麻家渡、溢水4个乡镇，以大泉山为核心，辐射潘口、城关、文峰、上庸、双台、楼台、深河、官渡8个乡镇。主要茶叶加工基地及仓储物流基地位于潘口乡悬鼓洲村、宝丰镇小堰村、得胜镇圣水村、竹坪乡陈家河村、深河乡井泉村、上庸镇大泉山村和秦古镇西庄村等；主要质量检验中心、电子销售平台、茶叶及农产品冷藏基地、冷藏运输、茶叶批发交易市场和武当山茶博物馆位于潘口上庸茶城。

本研究包含竹山县3大茶叶片区，在大观山茶叶片区的得胜镇圣水村的国营茶场和何家坝茶园、女娲山茶叶片区的宝丰镇清泉茶园、大泉山茶叶片区的城关镇刘家山茶园和上庸镇的大泉山茶园开展采样（图2），结合县域自然地理和人口经济数据调研，开展研究。

表1 《竹山茶北亚热带低中山生境保护与可持续发展案例数据集》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	竹山茶北亚热带低中山生境保护与可持续发展案例数据集
数据集短名	ZhushanTeaCase23
作者信息	刘苏峡, 中国科学院地理科学与资源研究所/中国科学院大学, liusx@igsrr.ac.cn 范奇, 湖北省竹山县人民政府, 903077405@qq.com 李叶云, 安徽农业大学茶业学院, lyy@ahau.edu.cn 任图生, 中国农业大学土地科学与技术学院, tsren@cau.edu.cn 张小福, 湖北省十堰市经济作物研究所茶研究室, 510561777@qq.com 孟迪, 中国科学院地理科学与资源研究所/中国科学院大学, Cher916@163.com 姚亭亭, 中国科学院地理科学与资源研究所/中国科学院大学, yaott.19b@igsrr.ac.cn 杨丽虎, 中国科学院地理科学与资源研究所/中国科学院大学, yanglihu@igsrr.ac.cn 马军花, 中国科学院地理科学与资源研究所, majh@igsrr.ac.cn 熊应标, 湖北省竹山县委统战部, 12936527@qq.com 丁葛, 湖北省竹山县政协, 625237406@qq.com 周作明, 湖北省十堰市发展与改革委员会, 807196285@qq.com 高兴恕, 湖北省竹山县农业农村局 杨大明, 湖北省竹山县农业农村局, 335264469@qq.com 陈必奇, 湖北省竹山县发展与改革局, 346187662@qq.com 王兴明, 湖北省竹山县农业农村局/湖北省竹山县茶叶产业办公室, 1050275352@qq.com 张永毅, 湖北省竹山县农业农村局/湖北省竹山县茶叶产业办公室, 787917778@qq.com 李佳荫, 湖北省竹山县农业农村局, 2238978@qq.com 沈义锋, 竹山茶业集团有限公司/竹山县茶产业联合会, 174663286@qq.com 陈墩桥, 湖北圣水茶场有限责任公司/湖北省竹山县茶叶协会, hbshengshui@163.com 林航, 湖北星梦茶业股份有限公司, 511627395@qq.com 杨松, 湖北友花茶业科技有限公司, 2263142056@qq.com 李容, 湖北省竹山县上庸镇, 363286931@qq.com 郭艳, 湖北省竹山县城关镇, 260253578@qq.com 李明宏, 湖北省竹山县得胜镇农业技术推广服务中心, 138728165100@qq.com 张进, 湖北省竹山县宝丰镇农业技术推广服务中心, 1793897168@qq.com 杨才华, 湖北省竹山县上庸镇农业技术推广服务中心, 814630742@qq.com 成伟, 湖北省竹山县农业农村局/湖北省竹山县茶叶产业办公室, 1437744907@qq.com 张成, 湖北省竹山县融媒体中心, 782610092@qq.com
地理区域	湖北省十堰市竹山县
数据格式	.tif、.xlsx、.docx、.shp、.jpg
数据量	548 MB
数据集组成	案例区范围、自然地理环境、茶特性、社会发展、品牌和文化等数据
基金项目	中华人民共和国科学技术部(2022YFF0801804);湖北省十堰市发展和改革委员会(2024)
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	(1)“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载;(2)最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源;(3)增值服务用户或以任何形式散发和传播(包括通过计算机服务器)“数据”的用户需要与《全球变化数据学报(中英文)》编辑部签署书面协议, 获得许可;(4)摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[2]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

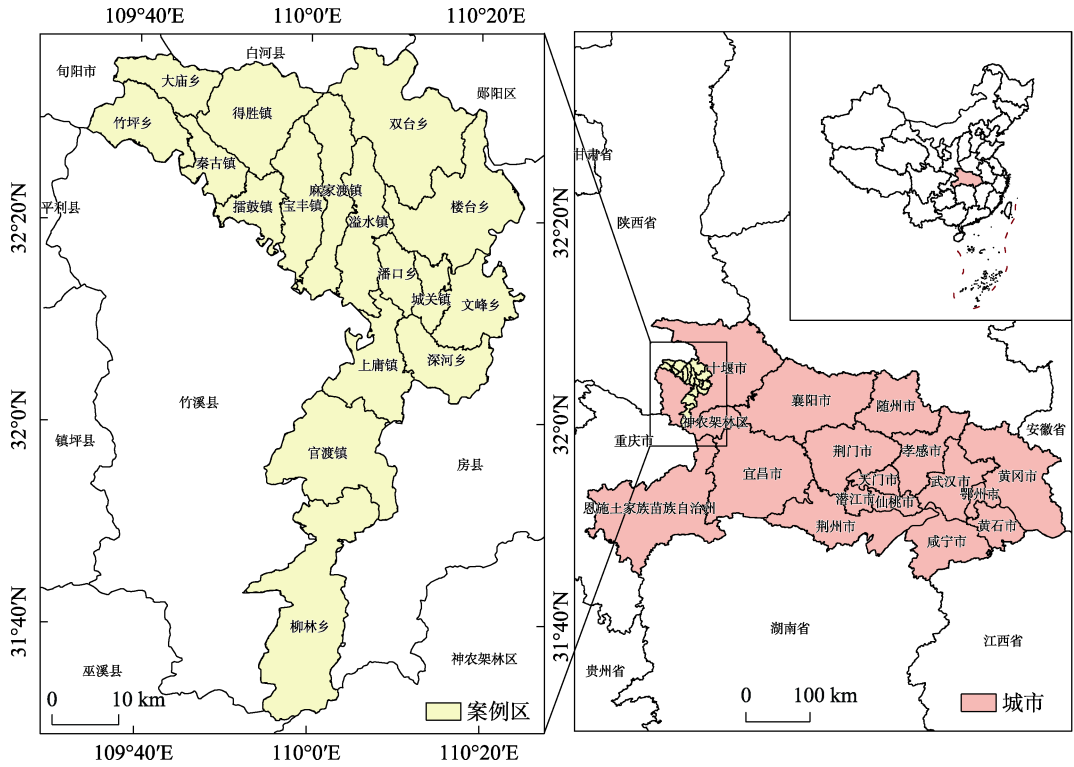


图 1 案例区地理位置图

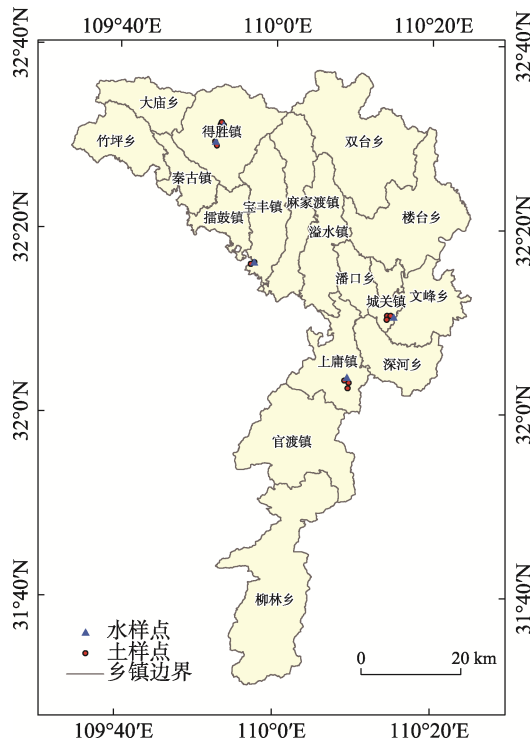


图 2 案例采样点分布图

4 生态环境数据

4.1 地形地貌特征

竹山县位于鄂西北秦巴山区腹地盆地，境内群山叠起，地貌由北部、中部、南部3大地势组成，整个地势西高东低、南陡北缓、中为河谷平坝，四周青山环抱，由两侧向中部倾斜，略成盆地形势。作者在 ASTER GDEM 30-m DEM 数据¹基础上，对竹山县高程、坡度进行分类分析得出，竹山县海拔范围为 181 m 到 2,604 m（图 3）。其中 59.38% 的区域属于 500–1,000 m 的低山。低于 500 m 的区域占比 15.34%，多为河流及河岸带。高于 1,000 m 的地域面积占比 25.28%，为中山。全县 65% 的区域坡度在 25° 以下，和低中山区吻合（图 4）。茶园分布范围多在海拔 1,800 m 以下，坡度小于 25° 的区域。广阔的低山和 25° 以下的缓坡面积，为竹山茶提供了优良的生长环境。

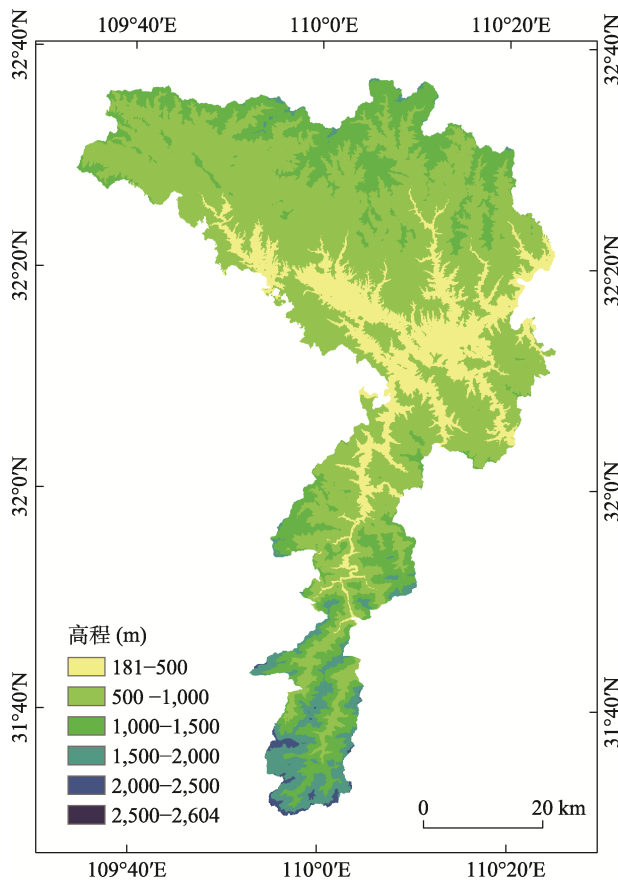


图 3 竹山县高程分类图

4.2 气候特征

竹山县地处南北气候过渡带，属北亚热带季风大陆性气候。全域热量充足，多年平均气温 16.1 °C（2015–2023），早春回温快，7–8 月为高温期，秋季温度递减速度平缓，冬季无明显极限低温特征（图 5）。

¹ NASA, METI. ASTER GDEM. <https://www.earthdata.nasa.gov/>.

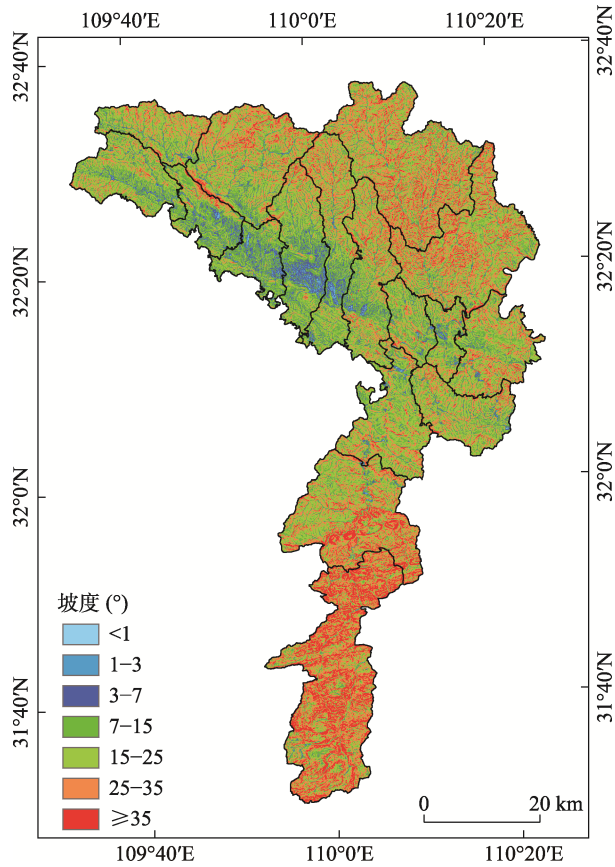


图 4 竹山县地形坡度分类图

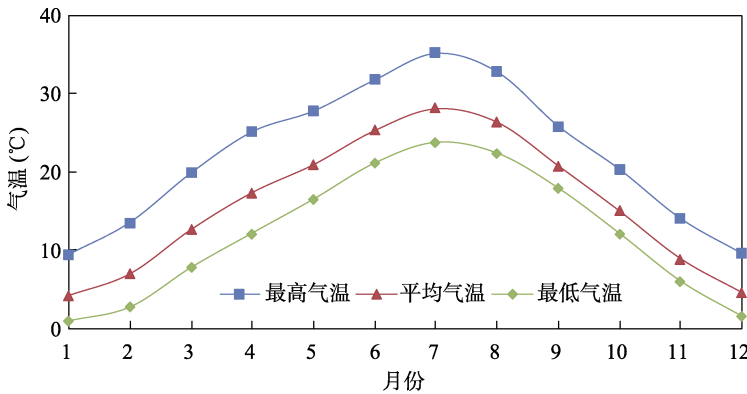


图 5 竹山县多年平均的月气温统计图 (2015-2023)

竹山县四季分明，雨热同季，全县多年平均年降水量 958.5 mm，降水集中在 3-10 月份，占全年降水量的 92% (图 6)。除了 7 月份之外，全年其他月平均每日的日照时数低于 6 h (图 7)，多年平均年日照时数为 1,428 h，有利于喜阴的茶树发生光合作用。

竹山县具有独特的辐射条件，根据文献^[3]的数据推断，竹山县的直射光弱，1981-2012 年竹山县的多年平均太阳总辐射为 3,800-4,100 MJ/m²/year，接近我国太阳总辐射最低的云

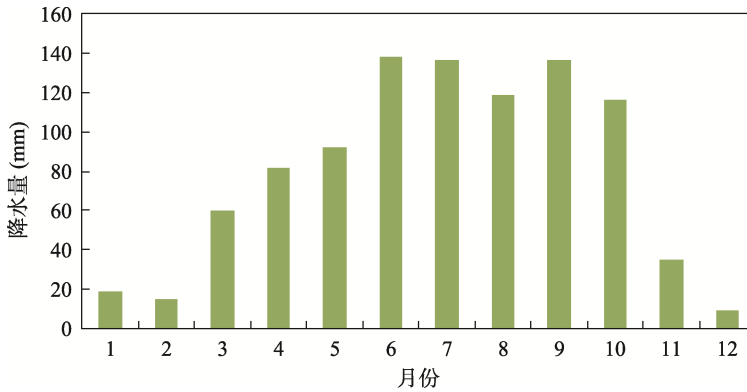


图6 竹山县多年平均的月降水量统计图 (2015–2023)

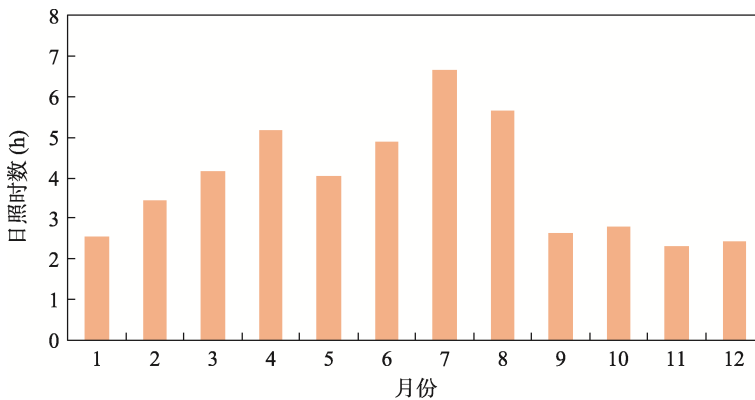


图7 竹山县多年逐月平均每日的日照时数统计图 (2015–2023)

贵高原 (小于 $3,800 \text{ MJ/m}^2/\text{year}$), 远低于我国太阳总辐射最高的青藏高原雅江上游 (大于 $6,800 \text{ MJ/m}^2/\text{year}$)。1981–2012 年多年平均散射辐射为 $2,350\text{--}2,450 \text{ MJ/m}^2/\text{year}$, 非常适合高品质的茶叶生产。

4.3 土壤环境条件

竹山县土壤主要为黄棕壤和山地棕壤^[4]。土壤具有垂直地带分布规律, 竹山县海拔 800 m 以下一般为潮土及黄棕壤。在海拔 $800\text{--}1,500 \text{ m}$ 之间为黄棕壤, 海拔 $1,500 \text{ m}$ 以上则为山地棕壤^[5]。

作者在圣水村国营茶场、大泉山、刘家山、圣水村何家坝和清泉茶园进行土壤采样, 从地表往下每 20 cm 取样直至石砾层。经中国科学院地理科学与资源研究所理化中心土壤 pH 指标和重金属含量检测, pH 均值为 5.1, 为酸性土壤, 结果见表 2。重金属检测结果见表 3, 对照国家农用地土壤污染风险管控标准^[6], 案例区全部检测点重金属含量均低于风险筛选值。

根据全国第二次土壤普查调研的土壤养分含量分级标准, 对竹山县土壤肥力进行检测。结果表明土壤有机质含量为 $6.18\text{--}31.8 \text{ g/kg}$, 全氮含量为 $0.388\text{--}1.99 \text{ g/kg}$ 。根据杜先等 (2023)^[7]研究, 竹山县位于十堰市域呈西北-东南向的富硒土壤条带区, 宝丰镇、溢水镇和秦古镇的土壤硒含量平均值为 0.91 mg/kg , 高于全国土壤 A 层硒背景值 (0.29 mg/kg),

属于富硒级别^[8]。2025年中国地质学会认定竹山县宝丰镇、擂古镇、秦古镇天然富硒地块为天然富硒土地，土壤硒含量平均值为1.105 mg/kg。

表2 土壤采样pH检测结果统计表

检测点	经度(°E)	纬度(°N)	pH	测点	经度(°E)	纬度(°N)	pH
P1	109.89	32.52	5.4	P8	110.24	32.17	5.1
P2	109.88	32.52	5.6	P9	110.25	32.18	5.2
P3	109.88	32.53	6.5	P10	109.87	32.49	5.8
P4	110.15	32.06	4.4	P11	109.87	32.48	6.1
P5	110.16	32.05	4.5	P12	109.96	32.27	4.3
P6	110.16	32.06	4.8	P13	109.95	32.27	4.2
P7	110.24	32.18	4.1				

表3 土壤采样重金属含量检测结果统计表 (单位: mg/kg)

检测点	镉	汞	砷	铅	铬	铜	镍	锌
P1	-	1.1	8.2	28.2	117.4	41.5	46.0	99.3
P2	-	0.9	2.4	28.2	112.8	46.1	55.5	153.6
P3	-	0.3	6.9	24.3	113.7	54.3	57.8	128.8
P4	-	0.0	-	21.8	101.5	56.8	46.8	129.3
P5	-	0.0	6.5	18.7	114.3	59.2	48.0	113.4
P6	-	-	-	17.8	120.1	80.5	56.2	158.5
P7	-	0.5	2.5	24.6	104.2	45.4	58.8	117.3
P8	-	0.7	0.0	27.1	127.3	46.2	60.0	128.2
P9	-	0.9	1.5	26.3	124.0	40.3	57.8	95.6
P10	-	0.7	14.8	15.8	49.4	25.5	23.5	154.3
P11	-	0.5	6.4	13.7	51.9	25.5	22.3	158.6
P12	0.2	0.6	13.9	22.7	95.2	22.6	36.7	113.0
P13	-	0.3	-	9.2	42.8	9.6	16.6	45.7
风险筛选值(pH≤5.5)	0.3	1.3	40	70	150	150	60	200
风险筛选值(5.5<pH≤6.5)	0.3	1.8	40	90	150	150	70	200

备注：“-”表示未检出，下文同。

4.4 土地利用及生物多样性特征

参考欧空局基于哨兵1号和哨兵2号多源卫星数据结合机器学习制作的2020年全球10 m土地覆盖产品²，进行解译再分类，获得竹山县主要土地利用类型分布图(图8)。林地是竹山县主要用地类型，占比89.10%，遍布全区平地以外的大部分地区。非林地占比10.90%，包括耕地(4.75%)、草地(3.99%)、建设用地(0.82%)和水域(1.34%)。

具有千年种茶历史的竹山县，茶农多选择茶园和林地、耕地交错方式种植(图9)。近年来，随着生态低碳茶园农业技术推广，注重茶园次要植物配置，目标生态用地面积不少于10%。推广茶林间作模式，茶园四周、空地、路边种植桂花、银杏、樱花、水杉等对茶

² <https://worldcover2020.esa.int/>

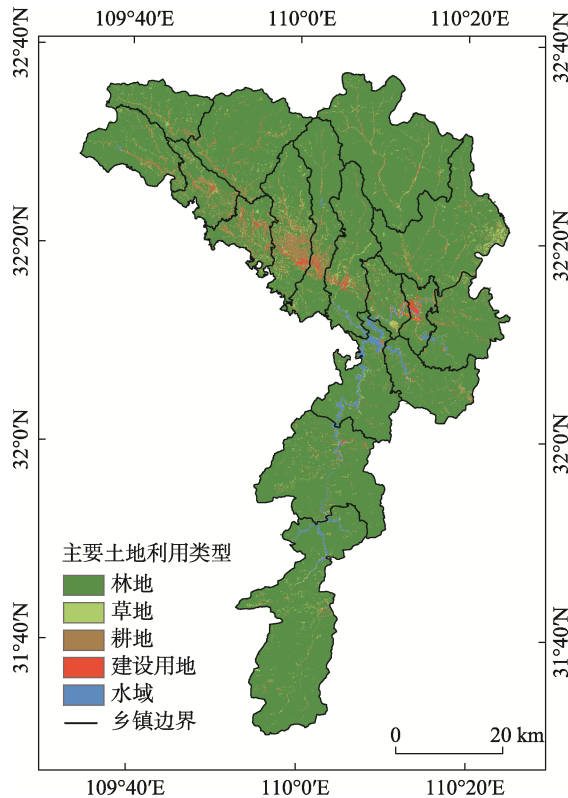


图8 竹山县主要土地利用类型分布图

园生态系统有益的植物，亩均种植 15 株左右，有力地提高了水土保持效益，增加和保持生物多样性，最大限度防止病虫害。

4.5 水质条件

竹山地处长江最长支流汉江的最大支流——堵河水系。陕西省镇平县和湖北省竹溪县的全部及房县、神龙架林区的一部分河流，均汇于竹山县域的堵河。区内山峦重叠、谷峡沟深，河道比降大，水资源和水能资源丰富。堵河常年源源不断的绿水滋润茶树青山，是南水北调核心水源区。境内无大型工厂，无“三废”排放和大气污染。根据竹山县环境监测部门监测，竹山县境内地表水达到国家《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)^[9]的Ⅱ类水质标准；水质感观良好，无色、无臭、无异味、透明度良好，pH 值在 5.5–7.5 之间， $\text{砷} \leq 0.05 \text{ mg/L}$ 、 $\text{镉} \leq 0.005 \text{ mg/L}$ 、 $\text{铅} \leq 0.05 \text{ mg/L}$ 。

作者在圣水村国营茶场的小溪、圣水村何家坝茶园的坑塘、大泉山茶园的小溪、清泉茶园的山溪和刘家山茶园旁的霍河水库采取水样，经中国科学院地理科学与资源研究所理化中心检测，结果见表 4。水样中所含的元素和离子含量均优于国家地表水环境质量标准^[9]，也优于国家生活饮用水标准^[10]。值得注意的是，大泉山茶园 (0.012 mg/L) 和刘家山茶园 (0.014 mg/L) 的硒含量略高于生活饮用水标准 (0.01 mg/L)。如前所述，竹山县位于我国富硒地质结构单元，水样中硒含量偏高反映了竹山县的地质背景。根据《食品安全国家标准 饮用天然矿泉水》(GB 8537—2018)^[11]规定，硒型矿泉水的下限为 0.01 mg/L，



图9 竹山县茶-林-农交错生物多样性景观照片

上限为 0.05 mg/L。硒元素是人体必要微量元素，竹山县天然水有益于养育含有硒含量的茶，适合需要补充硒元素的人群。

5 竹山茶产品特性数据

5.1 竹山茶种植历史

竹山茶种植历史悠久。东晋常璩在《华阳国志·巴志》中写道“（公元前 1066 年）周武王伐纣，实得巴蜀之师，著乎尚书……丹、漆、茶、蜜……皆纳贡之”。记述了 3,000 多年前，中国巴蜀一带已用土产茶叶作为贡品的历史。成语“庸人自扰”原始出处描绘了公元前 611 年，古庸国，即现今竹山县所在地，自恃其强，欲灭楚，反被楚国联合巴国、秦国所灭的历史囧事。该成语从另一个角度为竹山县的茶民强盛之远已能溯源到 2,600 年前提供了证据。

历代茶农在长期的茶叶种植和生产过程中，逐渐选育成高度适应竹山茶区生态条件的本地群体种，叶片面积小于 40 cm^2 ，属于中小叶种茶树。其中的“竹山黑大叶”品种，2024 年获得中华人民共和国农业农村部非主要农作物品种登记证书（第 807 号）。

5.2 竹山茶感官和理化指标

丁葛等（2014）^[12]采用气相色谱/质谱法（GC/MS）分析发现，竹山茶含有 54 种香气组分，其中香叶醇、橙花叔醇、芳樟醇及其含氧化合物、杜松醇、植醇等香气组分含量均较高，尤以得胜镇圣水村的茶的香气组分含量最高。这些香气物质的组成形成了竹山茶香气类型“栗香略带花香”的独特品质。产品可溶性固形物含量丰富、香高、色嫩、味

表4 在竹山县茶园采集的水样的元素和离子含量检测结果统计表 (单位:mg/L)

检测项目	圣水村国营 茶场水样	大泉山茶 园水样	刘家山茶 园水样	清泉 茶园水样	圣水村何家 坝茶园水样	GB3838—2002 限值	GB 5749—2022 限值
Al	—	0.003	—	0.022	—		0.2
As	0.004	—	—	—	—	0.1	0.01
B	0.017	0.001	0.004	0.003	—	1	1
Ba	0.048	0.001	0.097	0.088	0.021		0.7
Ca	27.823	15.695	42.150	17.410	34.665		
Cd	—	0.001	0.001	0.001	0.000	0.01	0.005
Co	—	0.000	0.000	0.001	0.000		
Cr	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.1	0.05
Cu	0.000	0.002	0.002	0.003	0.001	1	1
Fe	0.004	0.001	0.001	0.027	0.000		0.3
K	2.981	0.393	1.351	0.859	0.301		
Li	0.000	0.011	0.002	0.001	0.001		
Mg	7.875	5.086	12.840	5.562	5.512		
Mn	0.002	0.000	0.001	0.006	0.000		0.1
Mo	0.001	0.010	0.014	0.010	0.009		0.07
Na	5.271	12.400	4.782	6.288	5.305		200
Ni	0.001	—	0.000	0.000	—		0.02
P	—	0.008	0.000	0.009	0.007	0.02	
Pb	—	0.002	0.001	0.001	0.003		0.01
Se	0.001	0.012	0.014	0.008	0.003	0.2	0.01
SiO ₂	11.880	15.410	5.460	0.615	8.723	0.02	
SO ₄ ²⁻	35.640	3.067	23.365	12.940	14.005		250
Sr	0.095	0.107	0.221	0.137	0.259		
V	—	—	—	—	—		0.01
Zn	—	0.001	0.001	0.076	0.007		1

醇、形美。

作者委托湖南农业大学教育部茶学重点实验室、湖南农业大学国家植物功能成分利用工程技术研究中心,采用感官品质审评以及色差计、高效液相色谱、气相色谱、气质联用等技术手段,参照国家相关标准和经典科技文献,对竹山绿茶和红茶样品进行了感官品质、理化品质检测,结果如表5所示。

竹山绿茶在感官品质上,条索紧结,色绿较润,较为匀整,茶汤色泽黄绿明亮,香气为清香且较高长,滋味醇和尚爽,叶底嫩绿明亮。具有高水浸物(达44.08%,国家绿茶标准^[13]为 $\geq 34\%$)和高茶多酚(达21.75%,国家绿茶标准为 $\geq 11\%$)。其儿茶素高达13.92%(国家绿茶标准为 $\geq 7\%$),所以富鲜爽味,但不苦涩,因为呈苦涩味的酯型儿茶素的表没食子儿茶素没食子酸酯含量低,仅为2.95%。生物碱以咖啡碱为主,含量中等偏上。L型

表5 竹山茶感官和理化品质检测结果统计表

检测分类序号	检测项目	竹山绿茶检测结果	绿茶国标(GB/T 14456.1—2017)	竹山红茶检测结果	红茶国标(GB/T 13738.2—2017)
1	茶汤色泽	黄绿明亮		橙红较亮	
2	香气组分	以酯类、萜烯类化合物为主		以酚类、芳香烃类化合物为主	
3	水浸物 (%)	44.08	≥34	35.77	≥32 (一级中小叶种)
4	可溶性糖 (%)	7.45		4.06	
5	硒元素(μg/kg)	29.77		81	
6	游离氨基酸 (%)	5.23		5.29	
6.1	L型茶氨酸 (%)	1.83		0.91	
7	茶黄素 (%)	—		≤0.89	
8	茶多酚 (%)	21.75	≥11	4.51	≥7
8.1	儿茶素 (%)	13.92	≥7	3.11	
8.1.1	简单儿茶素 (%)	4.31		0.37	
8.1.1.1	表没食子儿茶素 (%)	2.23		0.36	
8.1.1.2	D-儿茶素 (%)	0.16		—	
8.1.1.3	表儿茶素 (%)	1.85		0.01	
8.1.2	酯型儿茶素 (%)	≥9.61		≥2.74	
8.1.2.1	表没食子儿茶素没食子酸酯 (%)	2.95		0.98	
8.1.2.2	没食子儿茶素没食子酸酯 (%)	3.01		0.14	
8.1.2.3	表儿茶素没食子酸酯 (%)	3.35		1.63	
9	聚酯型儿茶素 (%)	—		1.26	

茶氨酸达1.83%,也是竹山茶呈鲜爽味来源,因为一般L型茶氨酸的味觉阈值仅为0.06%^[14]。可溶性糖高(达7.45%),与一级炒青绿茶中可溶性糖含量相当^[15]。

竹山红茶在感官品质上,条索紧细,色泽乌黑较润,汤色橙红较亮,甜花香较高长,滋味醇和,叶底红匀较软。在理化品质上,具有高水浸物(达35.77%),高于国标^[16]一级中小叶种的标准,具有高游离氨基酸(达5.29%)和L型茶氨酸(达0.91%),使其呈鲜爽味。茶多酚含量不高,生物碱含量低,使得竹山红的味道比较温和。茶多酚含量低的原因之一是茶多酚氧化变成茶黄素。竹山红茶茶黄素含量达0.89%,优于目前国内中小叶种红茶(通常为0.36%–0.6%)^[17]、是竹山红茶汤色“亮”和滋味鲜爽的主要成分,也是形成红茶茶汤“金圈”的主要物质。同理,在红茶中,儿茶素也被氧化,变成聚酯型儿茶素。竹山红茶的聚酯型儿茶素较高(1.26%),一般红茶中聚酯型儿茶素含量为1.0%–1.5%^[18,19]。可溶性糖含量达4.06%。

5.3 安全性检测指标

依据茶取样国家标准^[20],经江苏安舜技术服务有限公司,按照中华人民共和国国家标准《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量(GB2763—2021)》^[21]检测代森锌(杀菌剂),马拉硫磷(杀虫剂),灭草松(除草剂)和仲丁威(杀虫剂)残留量,按照中华人民

共和国国家标准《食品安全国家标准 食品中 2,4-滴丁酸钠盐等 112 种农药最大残留限量 (GB2763.1—2022)》^[22]检测其余农药残留量,共检测了 111 项。测试结果显示,无论是制成的绿茶还是红茶,农药最大残留的所有指标检测均未检出(表 6)。

表 6 竹山茶农药残留检测结果统计表

序号	指标	检测结果 (mg/kg)	上限 (mg/kg)
1	醚菊酯、唑虫酰胺、代森锌	-	50
2	除虫脲,呋虫胺,氟虫脲、杀螟丹、氯氰菊酯和高效氯氰菊酯、虫螨腈(溴虫腈)、氟戊菊酯(氟氰菊酯)、氯菊酯(苄氯菊酯)、啶氧菌酯	-	20
3	氯氟氰菊酯和高效氯氟氰菊酯、依杀螨(乙螨唑)、啶螨醚、噻螨酮	-	15
4	吡唑醚菌酯(百克敏、吡唑醚菊酯)、噻虫胺、噻虫啉,噻虫嗪、啶虫脒(啶虫清)、噻嗪酮、苯醚甲环唑(苯醚甲环唑-1 和苯醚甲环唑-2)、溴氰菊酯、硫丹、百菌清	-	10
5	丁醚脲(杀螨隆)、多菌灵、茚虫威,甲萘威(西维因)、联苯菊酯、甲氰菊酯、哒螨灵	-	5
6	氯噻啉	-	3
7	毒死蜱	-	2
8	烯啶虫胺、印楝素、氟氯氰菊酯和高效氟氯氰菊酯、草甘膦	-	1
9	吡虫啉、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐(甲氨基阿维菌素苯甲酸盐)、丙溴磷、杀螟硫磷、马拉硫磷、草铵膦	-	0.5
10	滴滴涕,六六六,依维菌素(伊维菌素),吡蚜酮、敌百虫、灭多威(灭多虫)、辛硫磷、百草枯	-	0.2
11	莠去津、氰戊菊酯和 S-氰戊菊酯、灭草松(苯达松)	-	0.1
12	西玛津、乙酯杀螨醇、地茂散(氯甲氧苯、氯苯甲醚)、乙酰甲胺磷乐果、三氟硝草醚、杀扑磷(甲噻硫磷、速扑杀)、速灭磷、巴毒磷、甲胺磷、氧乐果(氧化乐果)、抑草蓬、水胺硫磷、仲丁威、灭线磷(灭线灵、丙线磷)、内吸磷、灭草环、乐杀螨	-	0.05
13	硫环磷、甲基硫环磷	-	0.03
14	溴甲烷、克百威(呋喃丹)、氯磺隆、甲基对硫磷、丙酯杀螨醇、胺苯磺隆(甲基胺苯磺隆)、甲磺隆	-	0.02
15	草芽畏、氯酞酸、杀螨蝗(格螨酯)、草枯醚、环螨酯、戊硝酚、氟除草醚、烯虫乙酯、烯虫炔酯、消螨酚、毒菌酚、茅草枯、丁硫克百威(好年冬)、三氯杀螨醇、甲拌磷、氯唑磷、特丁硫磷(特丁磷)、毒虫畏(杀螟威)、敌草索(氯酞酸甲酯)、庚烯磷、茚草酮、灭螨醌、特乐酚(草消酚)	-	0.01

6 竹山茶经营管理

6.1 竹山县社会经济发展

根据竹山县人民政府统计数据,竹山县 GDP 从 2002 年的 10.84 亿元逐年递增至 2023 年的 152.4 亿元(图 10)。竹山茶作为竹山县重要的经济作物,对国民经济的发展起到了显著的推动作用。从上世纪 90 年代末开始,竹山县就把茶叶作为农业特色主导产业。2017 年以来大规模建设茶园,每年发展约 666.67 hm²,截至 2024 年底,根据竹山县农业农村局统计,全县 16 个乡镇的 242 个村中的 220 个村的适宜区域几乎都种上了茶叶,竹山茶园总

面积近 30 万亩（约 200 km²），干茶产量近 2 万吨，平均每斤卖 120 元，最贵明前茶 1,800 元/斤，综合产值突破 70 亿元，占 GDP 一半以上，显示竹山茶业已成为竹山县规模最大、综合产值最高的优势产业。

竹山县户籍人口从 2002 年以来呈现增加趋势，到 2010 年达到峰值，之后呈下降趋势。近年来下降趋势得到缓和（图 11）。目前，全县户籍人口 44 万，常住人口 34 万人，茶园覆盖全县 4.5 万农户，有 20 万余人被紧紧地吸附在茶产业链上，人均通过茶业年增收 7,600 元。

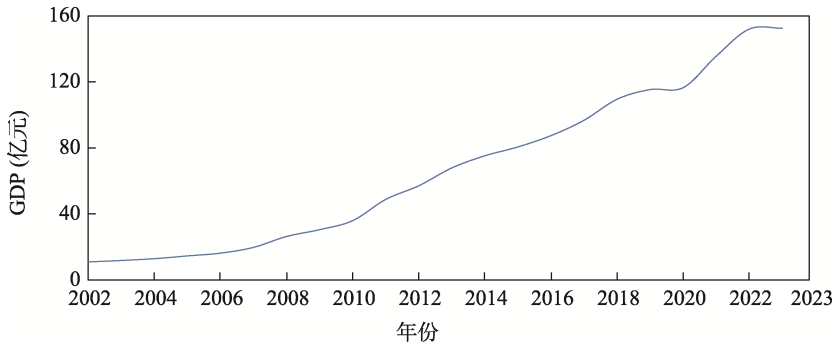


图 10 竹山县 GDP 年际变化图

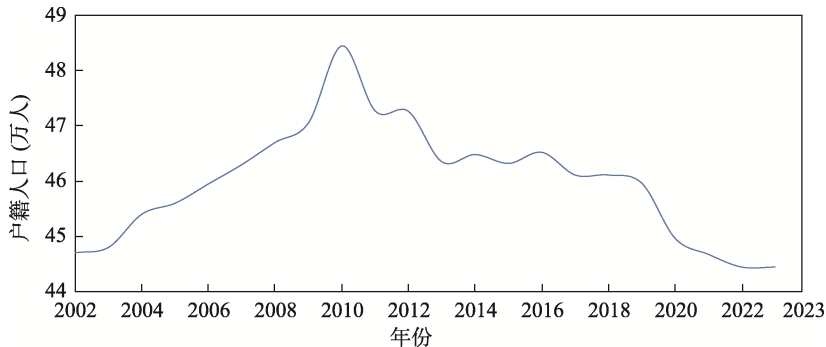


图 11 竹山县人口年际变化图

6.2 栽培和茶园管理

竹山茶树传统种植季节为 10 月中下旬到 11 月上中旬或 2 月中下旬。茶农精心选择茶树良种，既适应竹山气候环境，又重视早、中、晚生品种搭配，避免采茶和制茶高峰过于集中。对幼龄茶园 3 月份做好定型修剪，第一次离地 15 cm 打顶剪，以后每年提升 10 cm 进行一次修剪，通过 3 次修剪达到培养丰产树冠目的。成龄茶园树冠改造包括轻修剪、深修剪、重修剪和台刈，剪后加强水肥管理，定期修剪和照料茶树。

在施肥方面，通过基肥和追肥的合理搭配施用，集成推广间作绿肥、测土配方施肥、水肥一体化、有机肥部分替代化肥等绿色高效施肥技术。基肥以饼肥、牛羊粪、商品有机肥等为主，亩施 300 kg 以上，亩均配施茶树专用肥 40 kg。

在除草和病虫害防治方面，竹山县遵循“预防为主、综合治理”方针，以绿色防控和生态调控为基础，优先采用农事操作、物理防治、生物防治措施，化学农药使用减少到零。

采取行间覆盖、以草抑草、机械刈割等措施控草。密切监测病虫害发生动态,重点做好茶小绿叶蝉、茶尺蠖、害螨、茶饼病等主要病虫害的绿色防控。做好石硫合剂冬季封园消毒,确保茶叶的安全和环保。

在茶园管理方面,提倡茶园减排固碳,提倡茶园秸秆、修剪物等行间覆盖,提高土壤蓄水保水性能。园区道路以茶叶加工车间为中心,与各地块茶园做到路路相通,便于交通运输、机械出入和茶园采摘施肥等管理工作。加强农机农艺结合,选配合理适用的茶园作业机型,因地制宜推广茶园机剪、机采、机耕、机防等机械化生产技术。机采茶园提高机械化采摘效率,尽可能降低能源消耗。

竹山茶叶的采摘建立了明确采摘时间、采摘部位和采摘方法标准,以保证鲜叶的品质。鲜叶的采摘通常集中在春季,同时也积极开发夏秋茶资源,以提高整体效益。

新茶采用一芽一叶采摘,原始采摘方式为手工采摘。近年来,竹山县大力推广采茶机采茶,一台采茶机每小时可采收茶青 100 kg,与 10 个人工的效率相当。通过引用高效率采茶机,往年若用人工采摘投入产出比较低的夏秋茶采摘,如今也备受茶农重视,每亩茶田可新增两到三千元的收入。采摘鲜叶尽可能使用竹制品等天然盛装容器,避免使用塑料制品。

采摘的鲜叶有 2 种加工模式,其一是茶农先把鲜叶送往合作社(基地)加工完成鲜叶加工环节,然后茶农把加工后的鲜叶配上其他必要的加工工序,做成茶叶进入市场自行出售;另一种是茶农将采摘的鲜叶直接送往企业公司或者合作社基地收购处,由企业或者茶场统一完成从鲜叶加工到制茶销售的各个环节。

加工工序包括摊青、晾晒(红茶)、杀青、揉捻、烘干,均具有严格加工技术标准,确保茶叶的色、香、味、形等品质特征。加工过程中全程注重食品安全和质量控制,以满足国内外市场的需求。制茶车间设备清洁卫生,生产全程不落地。确保工艺流程合理高效,突出连续化、智能化生产,严格按标加工。

6.3 竹山茶品牌建设

竹山县位于十堰市境内的武当山南部。武当山被誉为“亘古无双胜境,天下第一仙山”,是著名的世界文化遗产。十堰市在早期推出了“武当道茶”,意以茶承接武当仙山的文化魅力。但打上道茶的标签后,一方面给茶注入了深邃的文化属性,但同时也疏远了其他方向的客户群体,所以市场效果不理想。十堰市自 2021 年起,全力打造“武当山茶”区域公用品牌,这样,由于“武当山茶”比“武当道茶”包容度更广,给属于广义的武当山区域的竹山茶的发展也提供了更广的发展空间。

在十堰市域 84.85 万亩茶叶基地总面积内,竹山县茶园占近 30 万亩,是十堰市重点产茶县。为更好地保护区域品牌,实现区域品牌茶叶的可持续发展,落地绘制“武当山茶源香竹山,竹山好茶香飘天下”的蓝图,竹山县打造了武当山茶旗下县域公用品牌——竹山晒茶“圣水绿茶”“竹山红”,系列开发了“十星红茶”“圣水 1 号”“竹净尖芽”“竹山红”“友花兰香茶”为代表的多个产品,涵盖绿茶、红茶、黑茶、白茶、黄茶以及花茶、茶饮料、茶酒等多个品类;制定了“圣水毛尖”湖北地方标准,“圣水绿茶”获批农业部国家农产品地理标志。茶叶产品通过了 ISO9001 质量管理体系、QS 食品质量安全和 OTRDC 有机

茶认证等多项质量认证，确保产品符合国家和国际标准。

2024年12月，竹山县出台了《竹山县支持茶叶产业高质量发展十条政策》《竹山县茶产业高质量发展实施方案》，高标准引领竹山茶产业发展。由“零星分散”向“集中连片”整合，增长方式由“传统粗放”向“现代集约”转型，促进茶产业提质增效，带动茶农长效增收。茶园主要由茶农种植管护，通过“合作社+基地+农户”的模式，组织企业与农户签订价格保底协议，对农户采摘的鲜叶做到应收尽收。以龙头企业为引领，带动茶农增收致富，推动茶产业发展，满足不同地区消费者需求。为推进竹山茶品牌宣传和推广，包括竹山县人民政府、茶叶团体、科学家、企业等案例成员多次参加国际国内会议，如2024年10月18日在北京召开的“堰水润京华 优品进万家 竹山主题日”活动，2025年1月10日在北京举办的“中科年货节”及2025年5月8日在北京举办的“京堰对口协作暨2025十堰市优势产业推介会”。结合茶特性和社会发展、品牌及文化特征，促进旅游业的发展，推动农业结构的优化和品牌的建设，为可持续发展和茶文化的传播做出贡献。

6.4 竹山茶文化发展

竹山县通过茶旅融合发展，将茶园打造成旅游景区，吸引了大量游客前来观光游玩、采摘体验。推动产业体系由“单一业态”向“三产融合”提升，在茶旅融合上持续发力。探索“茶园+文创+研学+旅游+康养”等茶旅一体化发展模式，连续举办三届武当山茶旅文化月活动，打响“茶香十里·竹山乡遇”茶旅品牌，为乡村振兴和茶产业转型升级注入新活力。竹山县开展了年度“十佳醉美茶园”活动，2024年，得胜镇的圣水村有机茶示范茶园、城关镇的刘家山观光茶园和上庸镇的大泉山茶园等获得了十佳美茶园称号，其中湖北圣水茶公司大观山茶园荣获湖北省十大醉美茶园和十大精品茶旅路线，城关镇刘家山村荣获全国美丽休闲乡村。

6.5 竹山茶地标生境地面站

2024年9月15日，中国科学院地理科学与资源研究所在竹山县刘家山茶园建成竹山茶地标生境地面站（图12），用于实时监控5 mm以上降水、总辐射、气温、湿度、大气压、风速、PM_{2.5}、PM₁₀、大气CO₂浓度、噪声、地表以下20 cm和40 cm土壤水分和土壤温度等多种定位观测参数。2024年9月16日世界粮农组织官员莅临竹山县，参加了在竹山县召开的地标生境（GIES）技术助力农产品可持续发展国际会议竹山分会，对案例开展了特殊的国际评审，竹山茶赢得了国际专家的称赞³。



图12 竹山茶地标生境地面站

³ 北京日报客户端. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1811394876080182916&wfr=spider&for=pc>.

7 结论与讨论

竹山茶源于竹山县的好环境。作者从竹山县广阔的低山和 25°以下的缓坡面积、接近 1,000 mm 的充足的降水、16 °C 的年均气温、7 月之外日照时数小于 6 h、位于全国较低太阳总辐射、散射辐射适中等北亚热带气候特征,解析了养育竹山茶优良特性的自然禀赋原因。案例为竹山茶的高质量发展提供科学数据支撑,为科技赋能助力地方经济高质量发展提供新路径。

案例用详实的数据展示了竹山茶具有的高水浸物、高可溶性糖、高氨基酸、含硒,独特香气、竹山绿茶的高茶多酚和高儿茶素、竹山红茶的高茶黄素和较高聚酯型儿茶素的优良特性。近年来,竹山县大力推广生态低碳茶园农业技术,30 万亩生态茶园覆盖全县 16 个乡镇,年产干茶 2 万吨,综合产值达 70 亿元。特别是,竹山县的茶叶产业与扶贫工作紧密结合,通过政策扶持和产业引导,帮助贫困户通过种植茶叶实现脱贫。茶叶产业的发展带动了相关产业链的增值,包括茶叶加工、包装、物流、销售等多个环节。茶叶产业为当地居民提供了大量的就业机会。全县茶叶经营主体达 300 余家。许多贫困户通过参与茶叶种植、加工和销售,提高了家庭收入,改善了生活条件。4.5 万农户通过茶经济实现增收,脱贫群众端稳了茶饭碗。竹山茶带动老百姓致富,深受老百姓喜爱,获得数个国家及省级盛誉,茶产业已经成为竹山县将绿水青山变成“金山银山”的重要抓手。

作者分工: 刘苏峡总体设计,调研、采样、整理数据,撰写论文;范奇总体指导,李叶云茶叶指导;任图生提供土壤数据分析指导,张小福提供茶园管理分析指导;孟迪制作空间图;姚亭亭采集、处理土壤样品和水样样品;杨丽虎负责地面生境站开发安装;熊应标、丁葛、周作明、高兴恕、陈必奇负责协调调研;杨大明、王兴明、张永毅和李佳荫负责调研,采样、收集数据;其余作者参与收集数据;所有作者均参与了论文讨论。

致谢: 感谢刘闯研究员、宋献方研究员、王振波研究员对竹山案例工作提供技术指导。感谢十堰市张吉来书记对案例调研提供的支持。感谢竹山县人民政府、竹山水文站、竹山县气象局、十堰市生态环境局竹山分局提供的相关数据和资料。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 刘苏峡,范奇,李叶云等.竹山茶北亚热带低中山生境保护与可持续发展案例数据集[J/DB/OL].全球变化数据仓储电子杂志,2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.04.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.04.06.V1>.
- [2] 全球变化科学研究数据出版系统.全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017年更新).
- [3] Zhou, Y. L., Wu, X. C., Ju, W. M., *et al.* Modeling the effects of global and diffuse radiation on terrestrial gross primary productivity in China based on a two-leaf light use efficiency model [J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(20): 3355.
- [4] 竹山县地方志编纂委员会.竹山县志[M].北京:方志出版社,2002: 868.

- [5] 竹山县土壤普查办公室. 湖北省第二次土壤普查资料 56: 竹山县土壤志[M]. 竹山: 竹山县土壤普查办公室, 1985.
- [6] 中华人民共和国生态环境部, 国家市场监督管理总局. 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)(GB 15618—2018)[S]. 北京: 中国环境出版集团, 2019.
- [7] 杜先, 杨潇, 徐鹏等. 湖北省十堰市表层土壤富硒潜力研究[J]. 资源环境与工程, 2023, 37(3): 281–291.
- [8] 闫加力, 杨军, 丁晓英等. 湖北省土壤硒元素背景值研究[J]. 现代农业科技, 2016(21): 157.
- [9] 中华人民共和国国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [10] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 生活饮用水卫生标准(GB 5749—2022)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [11] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 饮用天然矿泉水 (GB 8537—2018) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [12] 丁葛, 李春雷, 李晓贤等. 竹山县圣水茶香气组分分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(10): 2404–2407.
- [13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 绿茶第 1 部分: 基本要求 (GB/T 14456.1—2017)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [14] 蔡翔, 李延升, 杨普香等. 茶氨酸呈味特征及应用前景[J]. 蚕桑茶叶通讯, 2017(6): 31–33.
- [15] 刘霞林. 茶叶中糖类研究进展[J]. 福建茶叶, 2004(3): 27–28.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 红茶第 2 部分: 工夫红茶 (GB/T 13738.2—2017)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [17] 范捷, 王秋霜, 秦丹丹等. 红茶品质及其相关生化因子研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(3): 246–253.
- [18] 徐斌, 薛金金, 江和源等. 茶叶中聚酯型儿茶素研究进展[J]. 茶叶科学, 2014, 34(4): 315–323.
- [19] Hashimoto, F, Nonaka, G, Nishioka, I. Tannins and related compounds. CXIV. Structures of novel fermentation products, theogallinin, theaflavinon and desgalloyl theaflavinon from black tea, and changes of tea leaf polyphenols during fermentation [J]. *Chem Pharm Bull*, 1992, 40(6): 1383–1389.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 茶取样(GB/T 8302—2013)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014
- [21] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量(GB 2763—2021)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [22] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中 2,4-滴丁酸钠盐等 112 种农药最大残留限量(GB 2763.1—2022)[S]. 北京: 中国农业出版社, 2023.