

广丰马家柚亚热带低山丘陵生境保护与 可持续发展案例研究

诸云强¹, 龚振宙², 姚 晗³, 陈金良², 刘晓芳², 汪学文³,
宁晓华⁴, 洪厚火⁵, 王智丰⁶, 阮小峰⁷, 吴方方^{8*}, 朱华忠¹,
徐 强⁹, 周袁闾¹⁰, 钟华平¹, 黄 玫¹

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中共上饶市广丰区委, 上饶 334600; 3. 江西省上饶市广丰区人民政府, 上饶 334600; 4. 江西省上饶市广丰区发展和改革委员会, 上饶 334600; 5. 江西省上饶市广丰区教育体育局, 上饶 334600; 6. 江西省上饶市广丰区农业农村局, 上饶 334600; 7. 江西省上饶市广丰区农文旅发展集团有限公司, 上饶 334600; 8. 江西省上饶广丰区马家柚科技研究中心, 上饶 334600; 9. 华中农业大学, 武汉 430070; 10. 江西省上饶市广丰马家柚产业协会, 上饶 334600

摘 要: 广丰马家柚的种植历史可追溯至明朝成化年间, 因母树位于江西省上饶市广丰区大南镇古村村马家自然村而得名。马家柚是在广丰特定地理环境下经过长期演化而形成的地方优良品种, 具有清甜多汁、果肉细嫩、富含番茄红素和微量元素等特性。本文从广丰马家柚种植区域的地理区位与生态环境、产品特性与品质以及马家柚产业发展与经营管理等方面, 通过详实的科学数据, 总结分析广丰马家柚生态环境保护与可持续发展模式。本案例数据集由案例区范围、自然地理和生态环境监测数据、马家柚品质特性检测数据、社会经济数据等组成。数据存储格式为.shp、.xlsx、.tif 格式。数据集由 166 个数据文件组成, 数据量为 141 MB (压缩为 1 个文件, 57.8 MB)。

关键词: 广丰区; 马家柚; 优质地理产品; 生态环境保护; 可持续发展; 案例 18

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.03.03>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2024.03.03>

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.2024.05.07.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.05.07.V1>.

1 前言

广丰区隶属江西省上饶市, 位于江西省东北部, 处于江西、浙江、福建三省交界处,

收稿日期: 2024-05-05; 修订日期: 2024-09-06; 出版日期: 2024-09-25

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2021YFE0117300); 上饶市广丰区农文旅发展集团有限公司 (JYZFCG-2023-071); 中国科学院 (XDA23100100); 资源与环境信息系统国家重点实验室 (KPI009)

*通讯作者: 吴方方, 广丰马家柚科技研究中心, wff_pomelo@163.com

数据引用方式: [1] 诸云强, 龚振宙, 姚晗等. 广丰马家柚亚热带低山丘陵生境保护与可持续发展案例研究[J]. 全球变化数据学报, 2024, 8(3): 232–250. <https://doi.org/10.3974/geodp.2024.03.03>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2024.03.03>.
[2] 诸云强, 龚振宙, 姚晗等. 广丰马家柚亚热带低山丘陵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, 2024. <https://doi.org/10.3974/geodb.2024.05.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.05.07.V1>.

北邻上饶市玉山县，西毗上饶市广信区、信州区，东接浙江省江山市，南接福建省武夷山市、浦城县；属亚热带季风气候，地处武夷山北麓低山丘陵，属半丘陵半山区；土壤类型以红壤、水稻土、紫土居多，土壤 pH 值在 5.5–7.0 之间，为酸性土壤^[1–3]。

马家柚[*Citrus maxima* (L.) Osbeck cv. “Majiayou”]是在广丰特定地域环境下经过长期适应演化而形成的地方优良品种，具有清甜多汁、果肉细嫩、富含番茄红素和微量元素等特性。广丰马家柚于明朝成化年间（约 1472 年）开始广泛种植，因母树在江西省上饶市广丰区大南镇古村村马家自然村而得名。经过国家柑橘育种中心的检测，结果表明了马家柚是源于江西省上饶市广丰区（县），基因有别于其他柚子的品种。广丰马家柚先后获评江西省酸柚类第一名、中华名果，被认定为中华人民共和国地理标志保护产品、农产品地理标志登记产品，入选第三批中国特色农产品优势区等^[4–7]。2023 年，马家柚种植面积约 13,300 多公顷，面积 66.67 公顷以上种植基地 13 个、面积在 6.67 公顷以上的基地 315 个，马家柚平均公顷产量近 15,000 kg（亩产达 1,000 kg），总产量达到 20,500 万 kg，全产业综合产值突破 30 亿元，带动农户 5 万余户，年均每户增收 2.8 万元¹。马家柚已经成为广丰区乡村振兴的主导产业，广丰区正在利用马家柚资源优势推动农村“一二三”产业融合发展，把马家柚产业做深做实做成优质大产业。

国内学者及产业部门围绕广丰马家柚遗传来源鉴定与基因组特征、品种特性与果实品质、苗木定植与栽培技术、气象灾害影响与预防、柚类产品开发与产业发展，以及与其他柚类果实品质的比对等方面开展了系列研究^[4–5,9–31]，对于推动广丰马家柚的种植与产业发展具有重要的意义。然而已有研究并没有对广丰马家柚种植区域的自然地理条件、生态环境状况，以及马家柚品质特性、经营管理与产业发展等进行系统化研究，缺乏完整可用的开放共享数据，难以进行马家柚生境条件及其经营管理等的追溯。

在此背景下，本文在“优质地理产品生境保护与可持续发展”十年行动计划指导下^[32]，利用多模态大数据、遥感与地理信息等技术方法，开展了广丰马家柚亚热带低山丘陵生态环境保护与可持续发展案例研究。通过本文研究，阐明分析马家柚种植区域适宜的自然地理条件和优良的生态环境，马家柚独特的品质特性及其悠久的文化传承、现代化经营管理模式和可持续发展情况；利用全球变化数据出版系统公开上述体系化、关联化的数据集，为马家柚消费者、产业投资者和管理者提供科学数据支撑；在保护生态环境的基础上，推进广丰马家柚现代化产业的可持续发展，为国内其他柚类产业发展提供可借鉴模式。

2 数据集元数据简介

《广丰马家柚亚热带低山丘陵生态环境保护与可持续发展案例数据集》^[33]元数据包括：数据集名称、作者、地理区域、数据年代、空间分辨率、数据格式与数据量、数据集组成等内容，具体信息如表 1 所示。

3 案例数据研发

3.1 地理位置、行政区与交通

广丰区隶属江西省上饶市，位于东经 118°1′18″–118°29′15″、北纬 28°3′30″–28°37′23″，

¹ 广丰区人民政府. 广丰马家柚全产业链发展情况. 2023.

表 1 《广丰马家柚亚热带低山丘陵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	广丰马家柚亚热带低山丘陵生境保护与可持续发展案例数据集
数据集短名	GuangfengMajiayouCase18
作者信息	诸云强, 中国科学院地理科学与资源研究所, zhuyq@igsnr.ac.cn 龚振宙, 中共上饶市广丰区委, gfwbmsk@163.com 姚 晗, 江西省上饶市广丰区人民政府, gfwbmsk@163.com 陈金良, 中共上饶市广丰区委, gfwbmsk@163.com 刘晓芳, 中共上饶市广丰区委, gfwbmsk@163.com 汪学文, 江西省上饶市广丰区人民政府, 149128852@qq.com 宁晓华, 江西省上饶市广丰区发展和改革委员会, gfgfwbgs@163.com 洪厚火, 江西省上饶市广丰区教育体育局, gfjys@126.com 王智丰, 江西省上饶市广丰区农业农村局, jxgfnxyj@163.com 阮小丰, 江西省上饶市广丰区农文旅发展集团有限公司, 447390034@qq.com 吴方方, 江西省上饶市广丰区马家柚科技研究中心, wff_pomelo@163.com 朱华忠, 中国科学院地理科学与资源研究所, zhuhz@igsnr.ac.cn 徐 强, 华中农业大学, xuqiang@mail.hzau.edu.cn 周袁阁, 江西省上饶市广丰马家柚产业协会, 364169936@qq.com 钟华平, 中国科学院地理科学与资源研究所, zhonghp@igsnr.ac.cn 黄 玫, 中国科学院地理科学与资源研究所, wangm@igsnr.ac.cn
地理区域	江西省上饶市广丰区, 地理范围: 东经 118°1'18"-118°29'15", 北纬 28°3'30"-28°37'23"
数据年代	1980–2021 年(气温数据), 1980–2020 年(降水数据), 2022 年(统计数据), 2023 年(水、土环境及马家柚检测数据)
空间分辨率	10 m、30 m
数据格式	.shp、.tif、.xlsx
数据量	141 MB
数据集成	案例区地理位置与范围、自然地理条件空间数据(地形地貌、气候、土壤、植被等)、生态环境检测数据(水质、土壤数据等)、马家柚品质检测数据(生物学特性与营养成份等)、案例区社会经济及马家柚产业发展数据
基金项目	中华人民共和国科学技术部(2021YFE0117300-4); 中国科学院(XDA23100100); 上饶市广丰区农文旅发展集团有限公司(2023)
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 https://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 ^[34]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

南北长 62.5 km, 东西宽 45 km, 区域面积 1,377 km²^[1–3]。下辖 23 个街道乡镇(包括永丰、丰溪、芦林、大石和下溪 5 个街道, 五都、洋口、横山、桐畈、湖丰、大南、排山、毛村、枧底、泉波、壶峤、霞峰、吴村、沙田和铜钹山 15 个镇, 东阳、嵩峰和少阳 3 个乡)和铜钹山垦殖场(图 1)^[1–3]。

在交通网络方面, 沪昆铁路, 沪昆(京福)高铁穿过广丰境内; 区内现有 1 条过境高速公路(沪昆高速), 1 条国道(320 国道)公路, 2 条省道(二上线和玉广线)公路, 11 条县道等, 公路总里程达到 1,791.39 km。广丰区行政区划与交通网络分布如

图 2 所示。

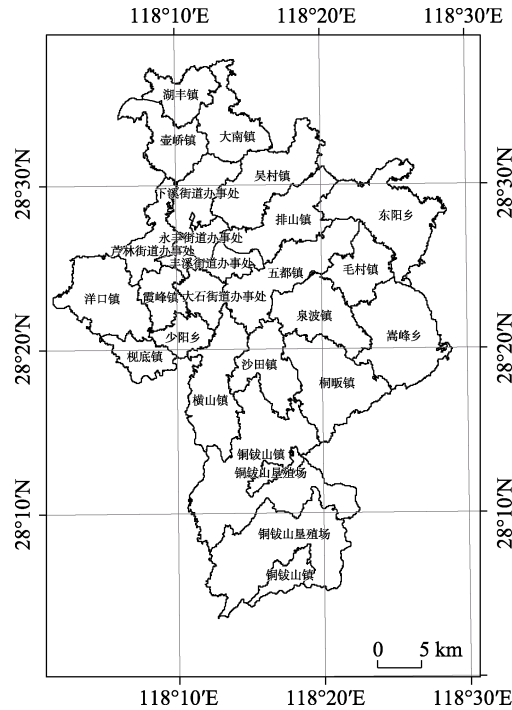


图 1 广丰区地理位置与行政区划图

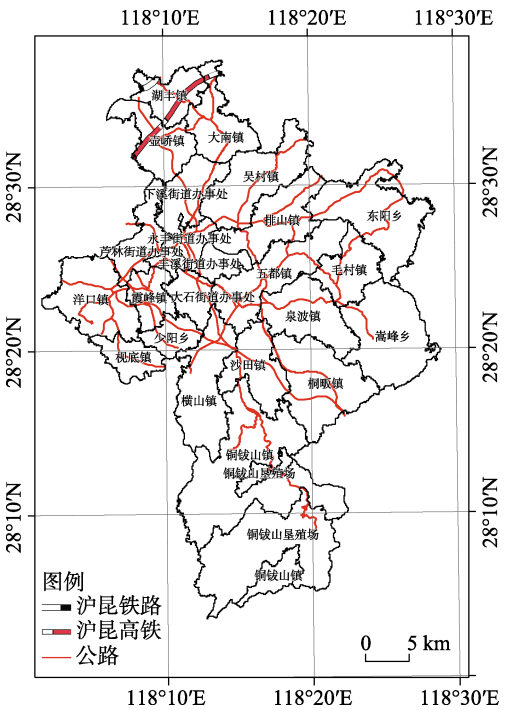


图 2 广丰区交通网络分布图

3.2 自然地理

3.2.1 地形地貌

广丰地处武夷山北麓，属半丘陵半山区，整个地势从东南向西北渐次倾斜。东南部群山连绵，峰峦叠嶂，有海拔千米以上的山峰 102 座，铜钹山主峰海拔 1,534.6 m；中部、北部和西部均属起伏丘陵，地势平缓，县城海拔 95 m；区内最低处为西端和北端，海拔为 72 m。地貌类型上，广丰区主要岩层为泥盆纪后期至下石炭纪初期的石英砂岩，区内分为侵蚀构造低中山—低山、构造侵蚀丘陵、风化剥蚀岗阜、侵蚀堆积河谷平原等地貌类型。位于广丰区南部的铜钹山，是中国丹霞面积最大的国家级森林公园，面积约占整个广丰区的四分之一^[1-3]。利用 DSM (AW3D30) 数据，通过计算与分级处理获取广丰区海拔高度（图 3）和坡度空间分布图（图 4）。

3.2.2 气候与空气质量

广丰区属于典型的中亚热带季风湿润气候，根据广丰区气象局统计资料，多年平均气温 17.9℃，历史最低气温-9.6℃，历史最高气温 41.4℃^[1-3]；多年平均降水量 1,661.1 mm，年内降雨季节变化显著，春夏多、秋冬少，降水空间分布差异明显，平原向山区递增，春末夏初为“梅雨”季节；多年平均日照时数 1,733.82 小时，光照分配较均匀，年总辐射量约 108.7 kcal/cm²。1980–2021 年气象数据显示（图 5、6、7、8），广丰区内最冷月（1 月）平均气温 5.2℃，最热月（7 月）平均气温 28.59℃；过去 40 年，年平均气温呈增加趋势（1980 年为 17.37℃、2000 年为 18.13℃、2021 年为 19.69℃）^[1-3]。

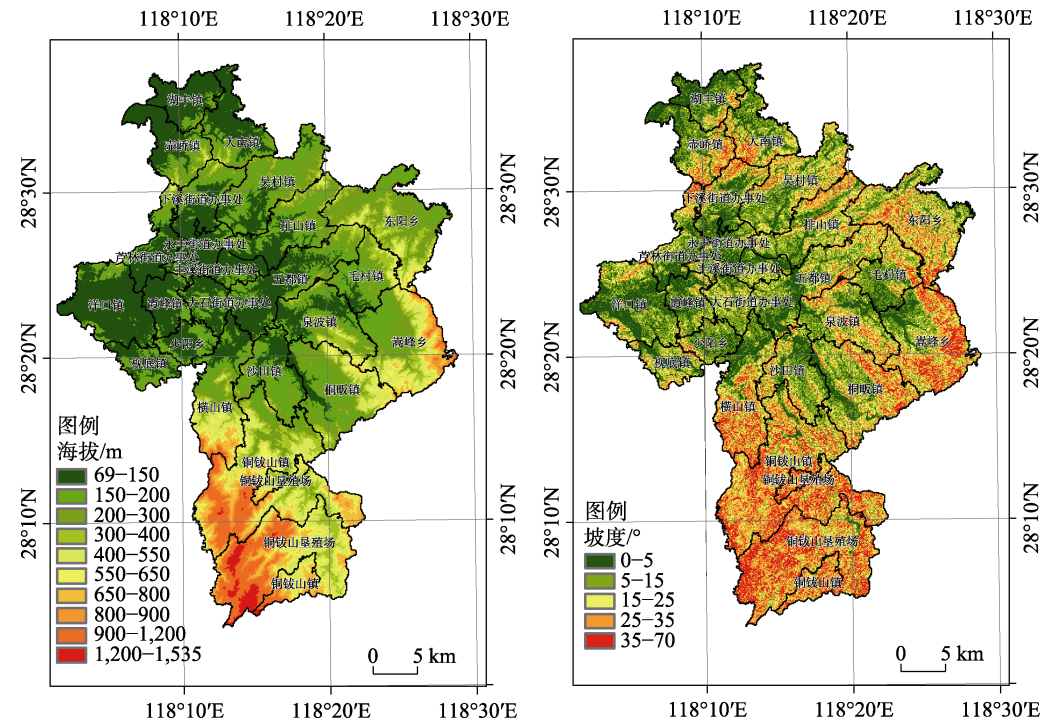


图 3 广丰区海拔高度数据可视化图（30 m 分辨率） 图 4 广丰区坡度数据可视化图（30 m 分辨率）

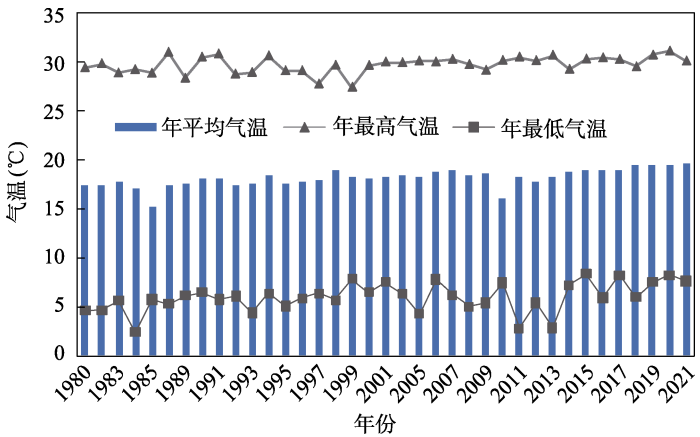


图 5 广丰区年均（1980—2021）气温动态图

依据《环境空气质量标准》（GB 3095—2012）^[35]、《地表水环境质量标准》（GB 3838—2002）^[36]，2020 年广丰区空气质量优良率 95.2%，河流断面达标率 100%；“十二五”以来，广丰城区空气质量优良率由 85.4%增至 95.2%，PM_{2.5} 平均浓度由 44 μg/m³ 减至 27 μg/m³²。

3.2.3 植被指数与土地利用

2020 年广丰区森林覆盖率达到 62.05%，80%以上地区的植被指数大于 0.25（由 10 m

² 广丰区人民政府. 广丰区“十四五”国土空间生态修复规划（2021—2025 年）. 2022 年 12 月.

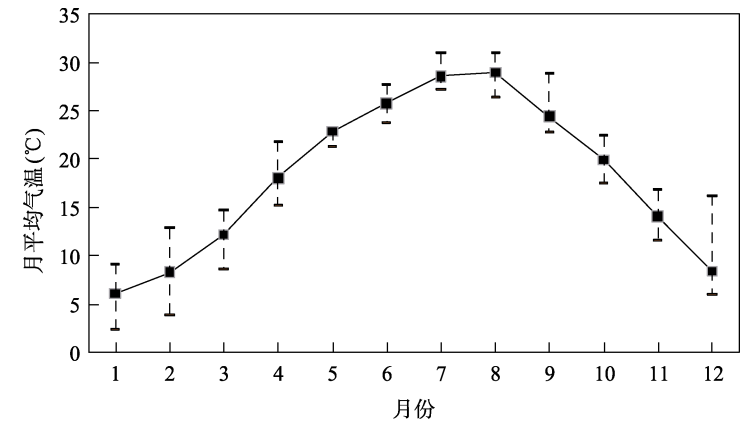


图 6 广丰区多年月平均气温动态图（1980–2021）

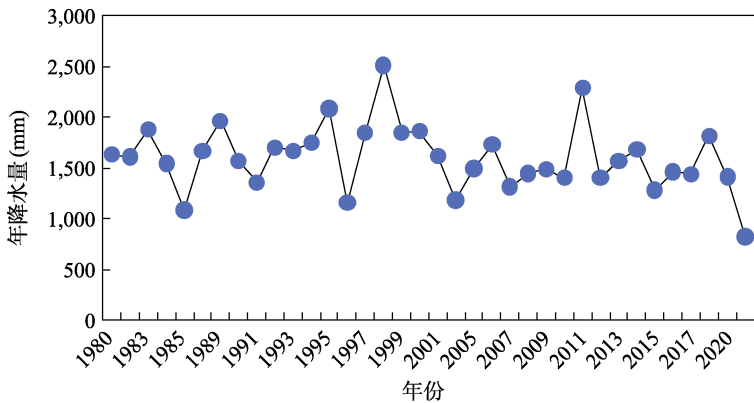


图 7 广丰区年降水量（1980–2020）动态图

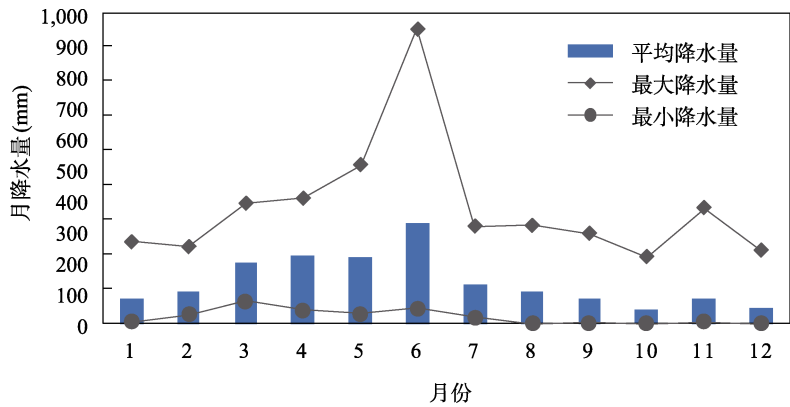


图 8 广丰区多年月平均降水量动态图（1980–2020）

哨兵卫星遥感影像反演，如图 9 所示）。广丰区先后获评“省级森林城市”“省级绿色低碳试点县”，铜钹山国家森林公园、现代农业示范园分别被评为全省低碳旅游示范景区、江西省低碳农业试点产业园。

广丰区各类用地类型中林地面积占比最大，面积达到 85,361.46 hm^2 ，占全区总面积的

62.00%;其次为耕地,面积为 27,209.57 hm^2 ,占 19.76%;园地面积为 2,771.56 hm^2 ,占 2.01%,其中大南镇、五都镇、东阳乡、铜钹山镇、排山镇、壶桥镇、洋口镇、桐畈镇、吴村镇、芦林街道、枫底镇、湖丰镇的园地面积均大于 100 hm^2 ,马家柚也主要种植在上述乡镇(街道)(图 10)。

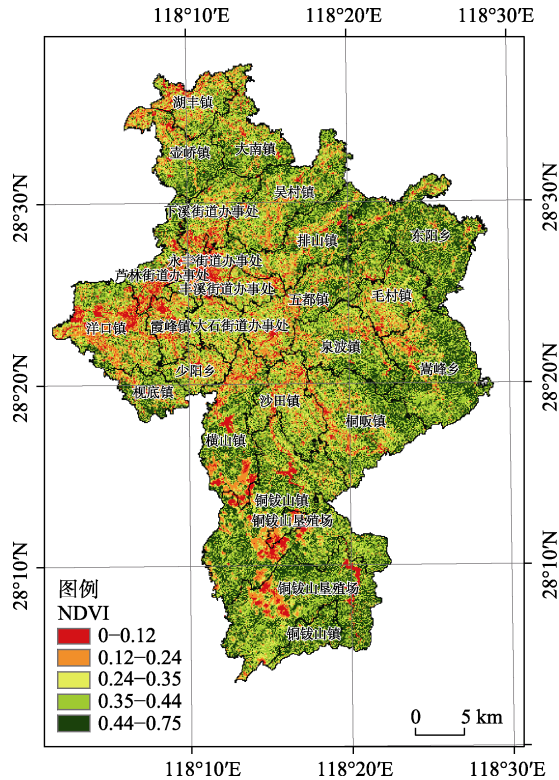


图 9 广丰区植被指数 (NDVI) 分类数据可视化图

3.3 生态环境

3.3.1 土壤环境质量

广丰区内土壤主要为酸性土壤,土壤类型主要包括红壤土、水稻土、潮土和岩性土。综合考虑样点空间分布的均匀性、涵盖地貌类型的多样性,以及马家柚种植基地的规模等级和经营类型等因素,本案例在 15 个马家柚种植基地选取土壤、水质和马家柚果实的取样样地,采样地详细信息如表 2 所示。

在上述 15 个基地中,每个基地选择 3 个空间分布均匀的采样点(图 11),进行不同土层的采样,由中国科学院地理科学与资源研究所理化分析中心对 45 个土壤样品的 pH 值、全氮(N)、总磷(P)、有机质含量以及土壤重金属等指标进行检测分析。15 个基地采样点的土壤 pH 值范围为 4.21–7.11(其中,毛村镇的 A10 样点土壤母质为紫色页岩,故土壤 pH 值为 7.11,呈中性),全氮含量在 0.31%–2.09%,总磷含量为 170.80–1,875.33 mg/kg ,有机质含量为 0.98%–1.53%,具体测试结果如表 3 所示。

15 个基地采样点土壤重金属镉(Cd)、铬(Cr)、镍(Ni)、铅(Pb)、锌(Zn)、铜(Cu)、汞(Hg)和砷(As)等元素含量平均值分别为 0.12、55.07、21.85、24.28、86.73、19.05、

0.08 和 3.29 mg/kg，远低于《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 15618—2018）^[37]规定的农用地土壤污染风险筛选值，表明案例区土壤环境质量良好。15个基地土壤采样点的重金属检测数据如表4所示。

3.3.2 水资源与水环境质量

广丰区水资源充沛，全区水资源总量 20.55 亿 m³，其中，地表水资源量 16.78 亿 m³，地下水资源量 3.77 亿 m³。地表河流总长度达 1,956 km，属于信江流域的河流主要包括丰溪河、西溪、枫溪、十都港、棠岭港、十五都港，属于钱塘江流域的河流有东阳乡南部的龙溪。其中，发源于福建省武夷山脉北麓仙霞岭的丰溪河，是广丰的“母亲河”，区内河流全长 88 km，流域面积 2,233 km²。广丰区境内有水库 159 座。全区无污染工厂与企业，区内河流及水库和坑塘是马家柚的主要灌溉水源。

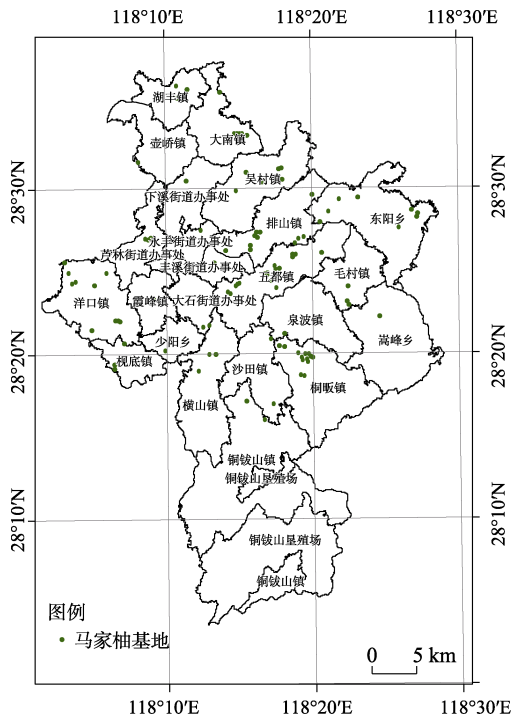


图 10 案例区马家柚种植基地分布图

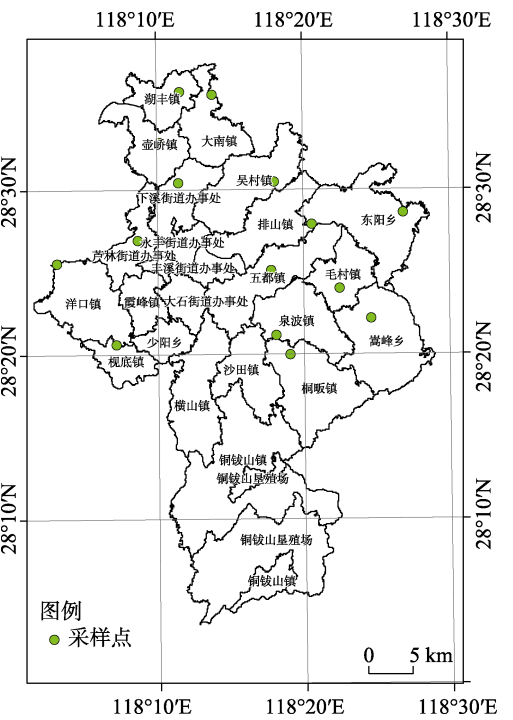


图 11 水土采样点空间分布图

本文在上述选定的 15 个基地中，选取了 15 个地表水和 5 个地下水样点进行地表水和地下水水质采样，由中国科学院地理科学与资源研究所理化分析中心对采样水质进行检测。水样检测的溶解性有机碳（DOC）范围在 1.266–4.504 mg/L、总氮（TN）范围在 1.111–5.918 mg/L、硝态氮（NO₃⁻-N）范围在 1.033–3.032 mg/L、氨态氮（NH₄⁺-N）范围在 0.089–0.393 mg/L、总磷（TP）范围在 0.002–0.135 mg/L，具体检测结果如表5所示；水样检测的重金属元素砷（As）、汞（Hg）、铜（Cu）、锌（Zn）、铅（Pb）、镉（Cd）、铬（Cr）、镍（Ni）含量远远低于国家水环境质量标准，具体检测结果如表6所示。马家柚种植主要利

表 2 案例区土壤采样点详细信息表
















样点 编号	基地位置	土壤样采样点			基地形态示意图
		东经 (°)	北纬 (°)	海拔高度 (m)	
A1	枳底镇铜山村	118.118	28.343	153	
A2	下溪街道溪滩村	118.191	28.507	164	
A3	壶桥镇竹叶山	118.167	28.550	152	
A4	湖丰镇桥头村	118.193	28.600	113	
A5	大南镇茭塘村	118.230	28.596	129	
A6	吴村镇路亭山村	118.298	28.508	214	
A7	排山镇祝家坞	118.343	28.465	283	
A8	东阳乡龙溪村	118.447	28.476	196	
A9	嵩峰乡十一都村	118.414	28.369	210	
A10	毛村镇毛村村	118.375	28.399	174	
A11	泉波镇梧桐坞村	118.300	28.352	161	
A12	桐畈镇毛溪村	118.316	28.333	287	
A13	五都镇王家畈村	118.299	28.414	133	
A14	洋口镇富山村	118.051	28.425	134	
A15	芦林街道西坛社区	118.134	28.448	146	

表 3 采样点土壤 pH、全氮、总磷及有机质检测数据统计表

样点编号	pH 值	全氮 (%)	总磷 (mg/kg)	土壤有机质含量 (%)
A1	4.26	0.48	560.40	1.53
A2	4.34	0.71	550.50	1.51
A3	4.21	2.09	562.80	1.03
A4	4.94	1.39	1,875.33	1.30
A5	4.92	0.31	267.00	1.41
A6	5.22	0.43	984.57	1.41
A7	4.59	1.40	555.10	1.51
A8	4.51	1.04	264.00	1.53
A9	4.92	0.50	170.80	1.36
A10	7.11*	0.86	395.60	1.17
A11	4.81	0.85	175.00	1.18
A12	4.68	1.34	1,339.67	0.98
A13	4.79	1.09	568.10	1.36
A14	4.38	1.89	414.00	1.13
A15	4.41	1.84	616.77	1.29

*A10 样点土壤母质为紫色页岩，故土壤 pH 值为 7.11，呈中性。

表 4 采样点土壤化学元素（重金属）检测数据统计表

样点编号	采样点重金属含量检测值 (mg/kg)							
	砷 (As)	汞 (Hg)	铜 (Cu)	锌 (Zn)	铅 (Pb)	镉 (Cd)	铬 (Cr)	镍 (Ni)
A1	3.79	0.08	9.07	63.35	25.71	0.10	53.21	24.17
A2	3.63	0.09	35.09	129.20	30.74	0.07	73.25	35.47
A3	2.04	0.10	4.80	54.24	25.36	0.07	64.19	19.31
A4	2.91	0.08	19.24	104.85	26.72	0.25	30.47	11.75
A5	4.28	0.09	2.05	57.86	13.28	0.05	14.48	6.44
A6	2.82	0.09	89.15	91.75	12.19	0.11	34.38	19.30
A7	2.44	0.06	1.97	91.25	28.73	0.16	25.72	10.80
A8	2.62	0.07	3.48	75.55	30.67	0.11	34.94	13.61
A9	2.71	0.11	4.46	60.42	19.13	0.09	38.96	12.27
A10	4.08	0.07	5.85	79.12	20.67	0.21	60.85	28.95
A11	3.61	0.09	4.95	66.42	23.14	0.07	26.36	9.28
A12	3.91	0.09	8.68	123.67	28.19	0.12	92.50	25.58
A13	3.66	0.07	23.72	96.61	26.28	0.11	94.07	36.16
A14	3.49	0.06	46.72	100.90	26.23	0.18	75.36	39.51
A15	3.46	0.06	26.50	105.82	27.18	0.18	107.35	35.17
风险筛选值 ^[37]	40	1.30	150	200	70	0.30	150	60

用天然降水，少量利用水库水，参照《绿色食品 产地环境质量》(NY/T 391—2021)^[38]，种植区灌溉水符合现行国家标准。同时，水样检测结果显示马家柚种植区灌溉水为弱碱性水，表面活性强、渗透性好、溶解力强，容易参与农作物的生化活动、增强对氮的固化能

力，因此，灌溉水有利于马家柚的绿色生长。

表 5 案例区水质检测数据统计表

水样类型	样点编号	DOC (mg/L)	TN (mg/L)	NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	TP (mg/L)
地表水	A1	3.811	1.948	1.987	0.200	0.003
	A2	3.962	2.419	2.361	0.236	0.014
	A3	2.641	1.613	1.574	0.158	0.016
	A4	2.425	1.240	1.265	0.127	0.143
	A5	3.077	1.894	2.099	0.180	0.051
	A6	2.311	1.411	1.377	0.138	0.009
	A7	4.484	3.220	3.032	0.260	0.002
	A8	3.761	5.918	2.566	0.220	0.031
	A9	4.303	1.240	1.077	0.393	0.040
	A10	4.102	2.526	2.799	0.240	0.011
	A11	4.292	2.620	2.558	0.256	0.135
	A12	2.735	1.684	1.866	0.160	0.003
	A13	4.504	1.303	2.349	0.237	0.004
	A14	3.077	1.894	2.099	0.180	0.127
	A15	2.666	1.521	1.578	0.104	未检出
地下水	A6	1.425	1.238	1.265	0.097	0.017
	A9	2.093	1.173	1.033	0.140	0.005
	A11	1.266	1.293	1.142	0.089	未检出
	A13	1.771	1.417	1.245	0.146	未检出
	A15	1.311	1.111	1.077	0.108	0.007

表 6 案例区地表水、地下水重金属元素含量检测数据统计表

检测项目	地表水检测值 (μg/L)	地下水检测值 (μg/L)	地表/地下水环境质量国家标准限值(μg/L)*		
			一类水限值	二类水限值	三类水限值
砷 (As)	1.26	1.05	50/1	50/1	50/10
汞 (Hg)	0.01	0.01	0.05/0.1	0.05/0.1	0.1/1
铜 (Cu)	0.52	0.99	10/10	1,000/50	1,000/1,000
锌 (Zn)	3.08	9.88	50/50	1,000/500	1,000/1,000
铅 (Pb)	0.01	0.03	10/5	10/5	50/10
镉 (Cd)	0.01	0.04	1/0.1	5/1	5/5
铬 (Cr)	0.89	0.97	10/5	50/10	50/50
镍 (Ni)	0.73	0.96	20/2	20/2	20/20
硒 (Se)	未检出	未检出	10/10	10/10	10/10

* 《地表水环境质量标准》(GB3838—2002) [36]和《地下水质量标准》(GB/T14848—2017) [39]

3.4 马家柚形态与品质

3.4.1 马家柚形态特征

马家柚属芸香科、柑橘属乔木植物，嫩枝、花梗、花萼及子房均被柔毛，嫩枝扁且有棱，叶质颇厚，色浓绿，阔卵形或椭圆形；连翼叶通常长 9–16 cm，宽 4–8 cm；总状花序，有时兼有腋生单花；花蕾乳白色；花萼不规则 5–3 浅裂，花瓣长 1.5–2 cm，雄蕊 25–35 枚，

有时部分雄蕊不育^[14,19]。

从前述 15 个基地中，每个基地采摘 3 个马家柚，进行形态特征检测：马家柚果形呈高扁圆型，花期 4–5 月，成熟期在 11 月中下旬。马家柚单果重在 1,200–1,850 g 范围；成熟后果皮黄色，果肩凸起，果顶凹陷；果面因油胞大、突出，手感较粗；果皮较厚，海绵质浅粉红色，平均厚 2.0–3.2 cm；果实有裂瓣现象，瓢囊 10–15 或多至 19 瓣，囊皮粉红色；汁胞玫红色或粉红色，果汁丰富，风味清甜^[14,19]；种子多或无子，形状通常为近似长方形，单胚。马家柚树、果、囊形态如图 12 所示，检测数据如表 7 所示。

3.4.2 马家柚品质特性

马家柚种植主要以有机肥为主，配以少量的复合肥。从前述 15 个基地中，综合考虑区域和经营方式的代表性，对其中 5 个基地采样的马家柚进行品质特性检测。马家柚品质特征检测由江西农业大学农产品品质监督检验测试中心进行（2023 年 12 月）。检测结果显示：果汁率、可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、柚皮果胶等营养成份平均值分别为 48.04%、10.75%、0.69%、61.74 mg/100g、20.69%，具体如表 8 所示；果糖、葡萄糖、蔗糖、可溶性糖、淀粉、纤维素和总糖等果实糖类含量平均值分别为 2.39%、2.50%、3.85%、6.98%、1.03%、10.33%和 9.24%，具体如表 9 所示；苹果酸、柠檬酸、乳酸、奎宁酸、棕榈酸、硬脂酸和总酸等果实酸类含量平均值分别为 0.83%、6.08%、0.16%、0.41%、0.28%、0.20%和 8.52%，具体如表 10 所示；番茄红素、β 胡萝卜素等类胡萝卜素和柚皮苷、柚皮素以及其他类黄酮干重含量平均值分别为 23.51 μg/g、5.29 μg/g、7.86 mg/g、1.49 mg/g、1.82 mg/g，具体如表 11 所示；测得 17 种不同的氨基酸，包含了人体必需的 7 种氨基酸，具体如表 12 所示；马家柚含有 18 类矿物质元素，具体如表 13 所示。



图 12 马家柚树、果、囊形态示例图

表 7 马家柚果实形态特征检测数据统计表

样点 编号	果形	果面色泽	果纵径 (mm)	果横径 (mm)	果皮厚 度(mm)	单果 鲜重(g)	囊瓣 鲜重(g)	囊瓣数	汁胞 颜色
A1	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	179	181	26	1,795	1,081	16	粉红色
A2	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	183	180	27	1,762	1,071	15	粉红色

续表 7 马家柚果实形态特征检测数据统计表

样点 编号	果形	果面色泽	果纵径 (mm)	果横径 (mm)	果皮厚 度(mm)	单果 鲜重(g)	囊瓣 鲜重(g)	囊瓣数	汁胞 颜色
A3	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	178	185	25	1,824	1,110	16	粉红色
A4	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	186	178	27	1,752	1,075	15	粉红色
A5	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	186	173	28	1,727	1,055	15	粉红色
A6	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	182	177	27	1,767	1,080	15	粉红色
A7	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	180	177	27	1,766	1,078	15	粉红色
A8	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	182	179	27	1,789	1,092	16	粉红色
A9	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	177	175	26	1,742	1,064	15	粉红色
A10	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	192	189	27	1,887	1,151	16	粉红色
A11	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	187	185	27	1,841	1,123	16	粉红色
A12	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	183	184	27	1,818	1,109	16	粉红色
A13	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	179	171	25	1,707	1,042	15	粉红色
A14	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	186	183	25	1,825	1,114	16	粉红色
A15	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	189	185	25	1,796	1,122	16	粉红色
平均	高扁圆型	果面黄色、光滑，色泽均匀	183	180	27	1,787	1,091	16	粉红色

表 8 马家柚果实营养成分检测数据统计表

样点编号	果汁率 (%)	可溶性固形物 (%)	可滴定酸 (%)	维生素 C (mg/100g)	柚皮果胶 (%)
A1	46.89	11.54	0.83	58.61	21.88
A4	50.12	12.13	0.76	47.36	17.47
A6	47.34	10.58	0.59	56.73	18.22
A12	48.21	9.87	0.65	67.35	26.33
A15	47.65	9.65	0.63	78.64	19.56
平均	48.04	10.75	0.69	61.74	20.69

表 9 马家柚果实糖类检测数据统计表

样点编号	果糖 (%)	葡萄糖 (%)	蔗糖 (%)	可溶性糖 (%)	淀粉 (%)	纤维素 (%)	总糖 (%)
A1	2.15	2.56	3.28	6.57	1.05	10.69	8.56
A4	1.98	2.13	3.65	6.32	0.84	9.02	8.02
A6	2.34	2.49	3.34	7.02	1.07	9.88	8.72
A12	2.67	2.86	4.13	7.35	1.22	11.63	10.12
A15	2.83	2.47	4.87	7.62	0.97	10.45	10.76
平均	2.39	2.50	3.85	6.98	1.03	10.33	9.24

表 10 马家柚果实果酸类检测数据统计表

样点编号	苹果酸(%)	柠檬酸(%)	乳酸(%)	奎宁酸(%)	棕榈酸(%)	硬脂酸(%)	总酸(%)
A1	0.79	5.55	0.14	0.34	0.32	0.28	7.94
A4	0.98	7.39	0.16	0.35	0.36	0.16	9.76
A6	1.03	5.97	0.18	0.56	0.26	0.14	8.85
A12	0.86	6.78	0.21	0.47	0.28	0.15	9.12
A15	0.47	4.72	0.13	0.31	0.19	0.25	6.94
平均	0.83	6.08	0.16	0.41	0.28	0.20	8.52

表 11 马家柚果实类胡萝卜素与类黄酮检测数据统计表

样点编号	类胡萝卜素 (μg/g·DW) *		类黄酮 (柚皮) (mg/g·DW)		
	番茄红素	β 胡萝卜素	柚皮苷	柚皮素	其他
A1	25.98	5.56	7.24	1.37	1.43
A4	20.57	3.13	6.78	1.23	1.52
A6	18.35	4.87	8.36	1.64	1.78
A12	21.64	5.39	9.24	1.85	2.51
A15	31.02	7.49	7.68	1.34	1.87
平均	23.51	5.29	7.86	1.49	1.82

*表中 DW 表示干重。

表 12 马家柚果实全蛋白水解氨基酸检测数据统计表 (单位: mg/g·FW)

样点编号	A1	A4	A6	A12	A15	平均
氨基酸						
Met	0.096	0.106	0.095	0.097	0.109	0.101
Cys	0.016	0.018	0.015	0.017	0.019	0.017
His	0.024	0.029	0.022	0.026	0.029	0.026
Tyr	0.057	0.063	0.056	0.058	0.065	0.060
Phe	0.022	0.026	0.020	0.023	0.026	0.023
Ile	0.039	0.045	0.037	0.041	0.045	0.041
Thr	0.015	0.019	0.013	0.017	0.018	0.016
Gly	0.023	0.028	0.021	0.025	0.028	0.025
Val	0.014	0.018	0.012	0.016	0.017	0.015
Ser	0.024	0.030	0.021	0.027	0.030	0.027
Arg	0.032	0.039	0.029	0.035	0.039	0.035
Leu	0.029	0.036	0.025	0.032	0.036	0.031
Lys	0.024	0.030	0.021	0.026	0.030	0.026
ALa	0.039	0.047	0.035	0.043	0.048	0.042
Pro	0.051	0.067	0.042	0.059	0.066	0.057
Glu	0.062	0.079	0.053	0.070	0.078	0.069
Asp	0.098	0.123	0.085	0.110	0.123	0.108
DL-焦谷氨酸	0.385	0.426	0.378	0.391	0.439	0.404
必须氨基酸	0.320	0.340	0.320	0.320	0.350	0.330
全蛋白水解氨基酸	0.704	0.748	0.704	0.704	0.770	0.726

*表中 FW 表示鲜重 (下同)。

表 13 马家柚果实矿物质含量检测数据统计表 (单位: mg/kg·FW)

样点编号 矿物质	A1	A4	A6	A12	A15	平均
K	412.390	412.390	530.061	422.659	425.601	440.620
Ca	8.225	5.563	7.443	7.043	7.090	7.073
Mg	20.209	21.048	23.741	20.304	20.371	21.134
Na	3.564	4.219	3.513	3.511	3.494	3.660
Mn	0.029	0.031	0.017	0.025	0.024	0.025
Zn	0.171	0.115	0.114	0.136	0.136	0.134
Fe	0.181	0.145	0.063	0.134	0.132	0.131
B	0.111	0.264	0.066	0.126	0.121	0.138
Mo	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Sr	0.024	0.011	0.029	0.022	0.022	0.022
Co	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
As	0.005	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004
Cu	0.050	0.086	0.025	0.049	0.047	0.051
Ni	0.017	0.003	0.002	0.009	0.009	0.008
Al	0.529	0.068	0.094	0.290	0.291	0.254
Ba	0.014	未检出	0.009	0.012	0.011	0.011
P	38.040	41.790	37.227	36.721	36.607	38.077
Se	未检出	0.151	0.091	0.134	0.116	0.123

3.5 经营管理与产业发展

3.5.1 广丰区人口与经济社会发展

据统计³, 2022 年广丰区总人口 980,072 人, 其中城镇人口 559,856 人, 占全区总人口的 57.12%; 乡村人口 420,216 人, 占 42.88%。与 2016 年相比, 广丰区总人口增加了 9,005 人, 其中城镇人口增加了 293,589 人, 占比上升了 29.7%; 而乡村人口减少了 284,584 人, 占比下降了 29.7%。

2022 年, 广丰区国内生产总值 (GDP) 629.02 亿元, 跻身江西省前十。按可比价格计算, 2022 年 GDP 同比增长 5.7%, 比 2016 年 GDP 翻了近一番, 三次产业比为 4.8 : 51.8 : 43.4。其中, 第一产业增加值为 30.37 亿元, 同比增长 3.9%; 第二产业增加值为 325.06 亿元, 同比增长 7.0%; 第三产业增加值为 273.58 亿元, 同比增长 4.3%³。

3.5.2 马家柚文化传承与经营管理

广丰马家柚具有悠久的历史发展文化, 并通过“科技研究、地方标准规范、示范基地、信息化平台、农技服务与培训”等, 形成了现代化经营管理体系, 支撑马家柚在全区的规模化、标准化种植管理。

为从源头提升马家柚果品品质, 广丰区成立了马家柚科技研究中心, 聘请院士、专家团队作为马家柚产业发展技术支持, 并与华中农业大学、中国农业科学院柑桔研究所、江西省农业科学院等建立了科技合作, 建立了马家柚数智驾驶舱、柚种质资源保护与创新基

³ 广丰区统计局. 2022 年广丰区国民经济和社会发展统计公报. 2023 年 5 月 24 日.

地、江西省柚类资源保存圃, 打造全国首个柚类种质实验基地, 引入国内外柚类种质资源 200 份, 发掘优系品种 3 个⁴。推出马家柚品质提升“3316 工程”, 即通过 3 年时间 (2023–2025), 实施三大计划 (强基计划、提质计划、优株计划), 出台 1 套标准化栽培技术体系, 培强 1 支研发团队, 培养 1 支立足本土的专业技术服务队伍, 保护 1 株马家柚母树, 打造 1 个马家柚苗木繁育基地, 建设 6 个精品示范基地, 实现广丰马家柚产业的全面提质升级。

2018 年, 江西省地方标准《地理标志产品广丰马家柚》(DB36/T 1057—2018)^[40]发布并实施, 对广丰马家柚的地理标志产品保护范围、栽培技术要求 (育苗、定植、整形修剪、花果管理、水分管理、合理施肥、病虫害防治、预防冻害)、采收、果品质量要求、检验方法、检验规则、标志标签、包装、运输、贮藏等技术内容进行了规定, 为广丰马家柚地理标志产品保护、种植管理等提供了坚实的技术支撑。

广丰区建立了集种质创新、标准种植、数字智能、文旅观光为一体的西坛标准果园。西坛果园建设有邓秀新院士领衔的科技小院, 研发了病虫害监测系统、土壤墒情监测系统、自动气象站、水肥一体化机、360 度无死角摄像头监控、线上电商选购系统等信息平台; 通过科技赋能和信息化手段, 为马家柚标准化生产、产销协同、品质提升、农旅融合提供示范基地, 已经成为江西省级现代农业示范园和绿色低碳示范基地。

为了推广马家柚的种植, 广丰区组织编写了《广丰马家柚栽培技术 100 问》《图说广丰马家柚优质栽培技术》《马家柚栽培管理技术手册》《广丰马家柚生物学特性》等科普资料。依托华中农业大学、中国农业大学等高校院所的专家库, 开通“云诊所”, 及时为果农提供在线“把脉问诊”。以“科技小院”为载体, 邀请国内专家对种植大户、技术骨干开展线上会诊、线上培训, 打破地域限制, 实现优质资源随时共享, 全方面、多层次为果农提供优质技术指导服务。同时, 分片区建立试验示范基地 10 余个, 培养农技人才, 构建形成“区有专家团、镇有帮扶队、村有技术员”的全方位、多层次的技术服务体系, 帮助农户进行种植技术更新和升级, 从技术层面保障农户增产增收。近年来, 积极举办马家柚栽培技术培训班, 共培养果农和新型农业经营主体 3 万余人。

3.5.3 马家柚产业发展与成效

近三十年来, 广丰深耕马家柚主导产业, 围绕“生产端、加工端、流通端、供应端、销售端”全产业链发力, 做优做强“广丰马家柚”头雁品牌, 推进农业产业化高质量发展。

2009 年, 马家柚经国家柑橘育种中心科学的基因鉴定和品质检测后, 广丰区将马家柚作为促进农民增收的重要产业来抓, 将其列为农业产业的“一号工程”, 从此马家柚进入了规模化产业进程。广丰先后出台了《关于推进马家柚产业发展的实施意见》《广丰县马家柚产业发展规划》《加快推进广丰马家柚产业结构优化实施方案》《创建广丰马家柚精品果园实施方案》等政策文件, 大力推进马家柚产业的高质量发展。

2010 年, 广丰成立了马家柚种植指挥部, 整合 9 个部门 (农业、水利、交通、供电等) 6,000 多万元资金, 加强果园基础设施改造, 不断完善果园主干道硬化、电网设施等, 推动滴灌、喷灌技术应用, 大力培育龙头企业和种植大户; 同时, 发布了一系列配套的扶持政

⁴ 广丰区人民政府. 广丰马家柚全产业链发展情况. 2023.

策,如按照“规模开发大户按开发面积分档补助、参与农户按苗木和年度成活率补助”的方式进行种植奖补等,进而全面推动马家柚规模化、标准化的种植。

2023年以来,广丰区推进精品果园建设,年投入3,000万元实施精品果园创建工程,着力打造一批高标准智慧果园。强化生产社会化服务生产能力,成立马家柚产业协会,牵头开展社会化服务,建立专业修剪队伍,开展了果树修剪服务,服务基地近80余个,面积达2,000余公顷。购进无人机4台,实施植保、采收等社会化,服务基地40余个。区供销社集团深入为农服务,建设植物医院,打造示范基地,服务基地10余个。引进江西农源生物科技有限公司,投资4,000万,建设占地40亩的马家柚有机肥及配方肥生产基地。引育生产服务社会化服务机构近10家。

4 结论与讨论

广丰区独特的地理区位(三省交界)、半丘陵半山区地形、酸性土壤和中亚热带季风湿润气候以及优良的生态环境孕育了地域特色的马家柚品种。马家柚有着悠久的种植和文化历史,自上世纪90年代初开始,通过优化“生产端”、做精“加工端”、畅通“流通端”、培强“供应端”、拓展“销售端”,逐步进入了规模化发展的进程。如今,马家柚已经成为广丰区现代农业的主导产业,乡村振兴的优势产业。本文通过系统化的科学数据,阐明了马家柚种植区的自然地理条件和生态环境,以及马家柚的品质特性、经营管理模式与产业发展情况。未来,在保护好马家柚种植区优良生态环境的基础上,进一步提高和改进:

(1) 传承历史、提升品牌。在马家柚母树保护的基础上,建设马家柚小镇、种质资源主题馆和产业主题馆等,大力倡导庭院、房前小型果园“种植+绿化”模式,融合广丰红色、光阴、孝道文化等,进一步加强马家柚历史文化遗产,推动马家柚品牌文化建设。

(2) 科技赋能、优质生产。在现有马家柚科技研究中心、科技小院、柚类种质资源创新基地等基础上,进一步加强马家柚种质保藏、品质优化、新品种研发等创新研究;加强马家柚相关标准规范的制定与应用推广工作,科学调查和规划马家柚种植优势带,加快高标准智慧果园建设,促进全区马家柚规模化、标准化生产;利用地理信息、大数据、人工智能等现代信息技术,加强马家柚大数据智慧监管与智能服务平台建设,通过“一个码”“一本账”“一张图”等,实现马家柚种质苗木、种植生产、产品加工、市场销售等全生命周期、全参与主体的科学管理与质量追溯。

(3) 多措并举、促农增收。在种植生产的基础上,进一步加强产地仓、马家柚现代化仓储物流体系及区农产品交易中心建设,加快推进建立品质分级销售机制;坚持“外引内培”双轮驱动,进一步加强马家柚深加工产业链,培育一批龙头企业。持续加强现有的线上、线下营销活动,建立直销、直采体系,加大培育经纪人队伍,畅通市场、果商与果农的双向反馈渠道,确保马家柚“种得好”,更要“卖得好”,促进马家柚果农的增收致富。以本案例为契机,加大马家柚优质地理产品生境保护和可持续发展案例的支持力度,基于科学数据,进行马家柚产品独特品质与优良生态环境的关联出版与传播,积极参与国际贸易,拓展马家柚国际销售渠道。

(4) 完善机制、持续发展。进一步完善马家柚产业发展引导政策和激励机制。成立马家柚特色农产品风险基金,有效防范自然灾害和市场价格风险,为马家柚果农托底。借助

“三省交界”的区位优势,以马家柚为载体,进一步丰富马家柚采摘节等民俗文化活动和乡村旅游,促进“一二三”产业融合发展,激活乡村振兴新动能。探索性开展马家柚生命周期碳汇能力核算,初步研究表明:1亩马家柚约可吸收200 kg二氧化碳,目前广丰全区13,333公顷马家柚一年碳汇可达1,092万kg碳(转换因子0.272,9)⁵,进一步挖掘马家柚生态产品价值,推进农产品绿色金融,助力广丰区“双碳”目标的实现,形成富有广丰特色的马家柚生态环境保护与可持续发展模式。

作者分工: 诸云强对案例研究、数据采集方案做了总体设计,撰写和修改了论文;龚振宙、姚晗、陈金良、刘晓芳、汪学文组织协调案例建设,指导案例总体设计与数据论文审定;宁晓华、洪厚火、王智丰参与了案例总体设计研讨、案例调研、协调相关数据及数据论文修改;阮小丰参与了案例研究,协调案例建设支撑资源;吴方方参与了案例研究、数据采集方案的总体设计与数据采集工作;朱华忠采集和处理了数据,参与论文的撰写;徐强参与了马家柚品质特性检测数据及数据论文的审核;周袁闾参与了马家柚产业发展相关内容的研讨与论文审定;钟华平参与了数据采集处理;黄玫参与了案例的调研与数据收集,负责碳汇核算工作。

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] 广丰区人民政府. 广丰概况[OL]. <http://www.gfx.gov.cn>. 2024年4月11日访问.
- [2] 张二阳. 江西省上饶市广丰区地质灾害特征及风险评价[D]. 桂林: 桂林理工大学, 2023.
- [3] 涂明程, 占杨英, 李思雅等. 2010–2018年广丰区土地利用变化及驱动力分析[J]. 甘肃科技, 2020, 36(4): 31–34.
- [4] 曹立新. 江西省广丰县柚资源调查与马家柚起源分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [5] 徐宸宇. 马家柚优系遗传鉴定及提高品质技术研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2021.
- [6] 徐常清, 吴方方, 郑光有等. 广丰马家柚产业发展情况及思路[J]. 农民致富之友, 2015(8): 21, 275.
- [7] 陈少华, 毛祥青, 吴方方. 广丰马家柚产业现状、问题及发展思路[J]. 现代园艺, 2011(6): 27–28.
- [8] 高华清, 韩蒙蒙, 胡子君. 上饶市“广丰马家柚”发展现状、问题及对策[J]. 现代园艺, 2019(1): 40–41.
- [9] 尹明华, 余璐, 周佳慧等. 马家柚叶绿体基因组特征及其密码子偏好性分析[J/OL]. 果树学报, 2024(5): 824–846. DOI: 10.13925/j.cnki.gsxb.20230558.
- [10] 徐宸宇, 曹立新, 唐启正等. 马家柚遗传来源鉴定与适宜授粉品种筛选[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(2): 124–135.
- [11] 毛小涛, 陈凯, 孙志锋等. 马家柚光合特性研究[J]. 上饶师范学院学报, 2023, 43(3): 73–78.
- [12] 余军. 浅议广丰特产“马家柚”品质与生产地域的关系[J]. 现代园艺, 2009(9): 74.
- [13] 张涓涓, 杨莉, 刘德春等. 马家柚果实品质与土壤、叶片、果实矿质养分的相关性分析[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(5): 811–818.
- [14] 杨莉, 张涓涓, 刘德春等. 马家柚及其变异品系植物学特性观察[J]. 中国果菜, 2017, 37(1): 28–30.
- [15] 张涓涓, 杨莉, 刘德春等. 土壤养分状况与马家柚果实品质相关性的多元分析[J]. 经济林研究, 2015, 33(4): 25–31.
- [16] 俞飞, 吴方方. 广丰马家柚异常落花、落果现象调查及成因分析[J]. 现代园艺, 2018(9): 190–191.
- [17] 徐宸宇, 唐启正, 刘慧宇等. 基于主成分分析综合评价6个杂交授粉组合的马家柚果实品质[J]. 果树学报, 2024, 41(2): 282–293.
- [18] 郑丽丽, 陈凯, 粟君等. 马家柚的化学成分及其保健功能研究进展[J]. 现代园艺, 2022(10): 7–9.
- [19] 程海涛, 徐贵良, 郑培君. 广丰县马家柚的品种特性及栽培技术[J]. 园艺园林, 2017, 510(1): 98–99.

⁵ 中国科学院地理科学与资源研究所. 上饶市广丰区生态产品价值实现机制试点实施方案. 2023.

- [20] 吴方方, 程玉芳, 谢金长等. 广丰马实验室柚最适采收成熟度研究[J]. 园艺与种苗, 2016(10): 24–26.
- [21] 周诗福, 谢金长, 吴方方等. 广丰马家柚建园标准及苗木定植技术[J]. 现代园艺, 2016(5): 31–32.
- [22] 王齐发, 黄昌新, 叶正旺. 无公害广丰马家柚生产操作规程[J]. 现代园艺, 2014(12): 32–33, 34.
- [23] 吕化贵, 吴方方, 黄昌新. 广丰马家柚套袋操作管理规程[J]. 现代园艺, 2018(10): 63–64.
- [24] 邱丽, 杨莉, 旦世浩等. 套袋对“马家柚”果肉主要类胡萝卜素积累及相关基因表达的影响[J]. 果树学报, 2020, 37(2): 153–163.
- [25] 吴方方, 管建丰, 蒋小林等. 气象因子对广丰马家柚果实品质的影响[J]. 中国南方果树, 2018, 47(4): 48–50.
- [26] 翁剑波, 管建丰, 霍子旭等. 干旱和冻害对广丰马家柚的影响及预防措施探析[J]. 南方农业, 2023, 17(4): 214–216.
- [27] 叶正旺, 黄昌新, 毛卫平. 马家柚主要病虫害的发生与防治[J]. 现代园艺, 2012(7): 46–48.
- [28] 梁广钰, 徐仰仓. 马家柚果皮对鲫鱼贮藏期挥发性物质的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(4): 224–228.
- [29] 樊友富, 胡威, 杨莉等. 马家柚果实常温贮藏期间柠檬酸含量变化及相关基因的表达分析[J]. 果树学报, 2024, 41(3): 448–458.
- [30] 冯硕儒, 曹雷鹏, 高凯丽等. 马家柚柚皮果胶的提取及其吸附 Pb(II) 性能研究[J]. 中国食品学报, 2023, 23(12): 134–142.
- [31] 张莉, 王瑞庆, 赵刚等. 广丰马家柚与平和红柚果实品质比较研究[J]. 中国农学通报, 2021, 37(22): 126–130.
- [32] 刘闯, 龚克, 刘燕华等. “绿水青山就是金山银山”解题新机制——“优质地理产品生境保护与可持续发展”2021–2030 十年行动计划正式启动[J]. 全球变化数据学报, 2021, 5(3): 237–248. <https://doi.org/10.3974/geodp.2021.03.03>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2021.03.03>.
- [33] 诸云强, 龚振宙, 姚晗等. 广丰马家柚亚热带低山丘陵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, 2024. <https://doi.org/10.3974/geodb.2024.05.07.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2024.05.07.V1>.
- [34] 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).
- [35] 环境保护部, 国家质量监督检验检疫总局. 环境空气质量标准 (GB 3095—2012)[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [36] 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: 中国环境科学出版社, 2002.
- [37] 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, 2018.
- [38] 中华人民共和国农业农村部. 绿色食品 产地环境质量 (NY/T 391—2021)[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [39] 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. 地下水质量标准 (GB/T14848—2017)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [40] 江西省市场监督管理局. 地理标志产品 广丰马家柚(DB36/T 1057—2018)[S/OL]. 江西省市场监督管理局, 2019. <https://www.zgsr.gov.cn/njy/gzdt/201901/0bbb7b27d8cf415f856a63ad9afb278.shtml>.