

# 南方红壤丘陵区规模化果园开发主要生态问题及全生命周期治理技术

袁海群<sup>1,2</sup>, 贺紫娟<sup>2</sup>, 尹伊晨<sup>2</sup>, 周翔宇<sup>2,3</sup>, 李悦<sup>1</sup>, 朱涛<sup>1</sup>, 段剑<sup>4</sup>, 刘密军<sup>2,5</sup>

(1. 西藏大学 生态环境学院, 西藏 拉萨 850000; 2. 湖南师范大学 地理科学学院, 湖南 长沙 410081; 3. 中国科学院 南京土壤研究所, 江苏 南京 210008; 4. 江西省水利科学院, 江西 南昌 330029; 5. 洞庭湖流域生态环境变化与固碳增汇湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410081)

[关键词] 规模化开发; 果园开发; 全生命周期; 生态问题; 综合治理; 可持续发展; 南方红壤丘陵区

[摘要] 果园在推动南方红壤丘陵区乡村振兴中发挥着中坚作用, 并呈现规模化快速发展趋势。然而, 果园开发过程中的系列生态问题成为其有序高效发展的重要障碍。为了缓解生态问题对果园开发造成的影响, 促进南方红壤丘陵区生态与经济可持续发展, 以全局观聚类分析国内外研究进展, 总结出不合理开发、生物栖息地破碎化和营林不当等造成的水土流失、面源污染和低生物多样性是红壤丘陵区规模化果园开发三大主要生态问题, 且在果园不同经营时期表现出的主次不同。基于全生命周期视角, 将果园发展划分为规划建园期、幼林期、壮林期、老龄衰退期 4 个阶段, 提出了相应的治理对策, 包括合理留植育林、科学整地施肥、优化坡面径流管理、快速植被覆盖、适时林下复合经营等, 并配置了相关技术及参数。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] A DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.12.013

[引用格式] 袁海群, 贺紫娟, 尹伊晨, 等. 南方红壤丘陵区规模化果园开发主要生态问题及全生命周期治理技术[J]. 中国水土保持, 2024(12):42-48.

南方红壤丘陵区面积 118 万 km<sup>2</sup>, 约占全国面积的 12.3%, 水热资源丰富, 是我国经济林果的重要产区<sup>[1]</sup>。近 20 a, 果林作为重要的水土资源开发性治理措施, 社会、生态效益日益显著, 有效促进了地区经济快速发展, 增加了水土流失区群众收入, 成为当前乡村振兴的重要产业依托<sup>[2-3]</sup>。根据世界农林数据库、中国农林数据库和中国区域研究数据库数据不完全统计: 自 21 世纪以来, 我国南方红壤丘陵区果园面积占全国比例及中国果园面积占世界比例变化不大, 分别保持在 33%、22% 左右, 年水果产量占比均显著上升, 分别上升约 7%、4.5%; 现今, 世界 3 成水果产自中国, 中国 3 成水果来自南方红壤丘陵区。因此, 我国南方红壤丘陵区果园可持续发展对全国、世界而言具有日益重要的战略地位。然而, 南方红壤丘陵区生态系统脆弱、土壤抗蚀性差<sup>[2]</sup>, 即使区域植被茂密, 在多频暴雨下仍易发生水蚀, 造成土壤理化特性变化<sup>[4-5]</sup>。同时, 药肥不合理施用、单一化种植结构等造成的面源污染、低生物多样性, 也是制约经果林稳定发展的主因<sup>[6]</sup>。大规模生态工程实施后, 我国南方红壤丘陵区系列生态问题得到了较好的治理, 但水土资源利用与生态环境保护、水土流失防治与民生改善的矛盾依旧突出, 生态治理与生态功能提升如何有机结合仍亟待解决<sup>[7-8]</sup>。基于此, 本研究试图从全生命周期视角看待果园开发中的生态问题, 并提出相应对策。

## 1 红壤丘陵区规模化果园主要生态问题

国内外学者围绕果园进行了大量研究工作, 取得的多类方向(如地上、地表、地下)的多元观点为果园健康有序发展提供了系列科学参考。笔者在相关研究基础上, 以全局观聚类分析, 总结出不合理开发、生物栖息地破碎化和营林不当等造成的水土流失、面源污染、低生物多样性是红壤丘陵区规模化果园开发的主要生态问题。

### 1.1 水土流失

水土流失是在陆地表面由外营力引起的水土资源和土地生产力的损失和破坏, 并伴随着人类对水土资源不合理的利用而加剧<sup>[9]</sup>。南方丘陵区红壤及地表花岗岩在炎热高温作用下极易风化破碎, 在植被遭到破坏的浅山、丘陵岗地, 水土流失相当严重, 且对地形和降雨响应强烈<sup>[10-11]</sup>。南方红壤丘陵区土壤侵蚀量与坡度呈极显著对数正相关、与地表植被覆盖率呈显著负指数相关、与耕种方式密切相关, 表现为: 在 8°~15°的坡地上, 坡度每增加 1°, 年土壤侵蚀量约增加 120 t/km<sup>2</sup>; 植被覆盖度每增加 10%, 土壤侵蚀量可递减约 50%, 当植被覆盖度 > 60% 时, 年土壤侵蚀量在 200 t/km<sup>2</sup> 以下; 等高耕种的侵蚀量仅约为顺坡耕种的 1/6<sup>[12]</sup>。

地表裸露阶段是果园开发过程中水土流失的主要

时期。果园开发时地表长期裸露,土壤孔隙度、土壤有机碳含量、土壤大团聚体含量将明显下降,不利于壤中流发育,加速土壤板结和水土流失等问题<sup>[11, 13]</sup>。该阶段,泥沙和养分将通过地表径流被大量运移,加剧土壤贫瘠化和面源污染,恶化营林造林条件<sup>[14-15]</sup>。水土流失一旦严重,容易表现出恶性循环,即土壤水分越少,阻碍植物生长和土壤碳赋存的作用便越明显,土壤碳含量越少则土壤保水能力越弱<sup>[16]</sup>。此外,生草覆盖能降低地面蒸发和果树蒸腾,但不合理生草覆盖同样不利于果园土壤水赋存,其自身蒸腾作用或可增加约50%的果园整体耗水量<sup>[17]</sup>。

### 1.2 面源污染

面源污染指固态或溶解性污染物通过降水及径流的冲刷搬运作用汇入受纳区域进而引发的土壤和水体污染<sup>[18]</sup>,具有随机、分散、监督难度大、氮和磷含量高等特点<sup>[19]</sup>。面源污染与水蚀强度、河网密度、土壤有机碳含量、黏土含量呈显著正相关,与海拔、坡度、含沙量呈显著负相关<sup>[20]</sup>。红壤丘陵区果园面源污染主要成因有<sup>[20-22]</sup>:①水果经济效益高于谷物粮食,果农施用化肥频次高、总量大、流失重、效率低;②难以在短期内根除农用薄膜造成的白色污染;③畜禽废物污染与兽用抗生素对环境的影响并存;④忽视对果园主导区域面源污染物的监测和评估。

果树生长期及盛果期是果园面源污染的主要时期。数据显示,我国农业生产中氮、磷、钾肥利用率分别为30%~35%、10%~20%、35%~50%<sup>[19]</sup>,常规施肥下果园约7.36%的氮和2.63%的磷通过径流进入地表水<sup>[23]</sup>,清耕后多损失11%的碱解氮、27%的速度磷<sup>[24]</sup>。盛果期农药总量的13%~14%作用于水果,利用效率仅30%,其中剧毒农药约占总量的67.0%<sup>[25]</sup>。此外,药、肥还会通过直接施用、外溢或随被农药污染的植物进入土壤和随风至地表水域<sup>[19, 25]</sup>,即药、肥与土壤污染及河湖元素富集紧密关联<sup>[26]</sup>。因此,防控面源污染源、运移途径、汇集系统成为最棘手的问题<sup>[21]</sup>。虽然近些年水肥一体化技术在有效提升果园药、肥、水的利用率方面展现出良好的应用前景,但普及率仍然不足<sup>[23, 27]</sup>。

### 1.3 低生物多样性

生物多样性是指一定时间和地区内所有生物物种及其遗传变异与生态系统的复杂性<sup>[28]</sup>,是表征生态系统稳定性的重要指标<sup>[29]</sup>。研究表明,生物多样性与生态系统生产力呈正相关关系:随植物物种丰富度的增加,所有绿色和衰老叶片中的氮、磷浓度显著降低,即植物对氮、磷等限制性营养物质的利用效率升高,同时生物多样性高的群落植物在衰老期能吸收更多的营养

物质,将有益于来年的繁衍和营养再生<sup>[30]</sup>。然而,规模化单一化果园开发及粗放耕作、不合理农用化学品投入等破坏植被资源,造成果园生态系统显著低生物多样性,进而导致生态系统韧性低,抵御自然灾害能力弱,对外来物种入侵敏感,病虫害传播迅速,加剧了水土流失和面源污染等<sup>[31-33]</sup>。

建园期与营林期是果园生物多样性低的主要时期。坡改梯是南方红壤丘陵区主要的果园整地方式,然而在单一植被格局思想指导下,梯壁土壤大团聚体比例、稳定性,以及有机碳含量、总氮含量、碳磷比、氮磷比和养分含量明显不足<sup>[34]</sup>,且中后期梯面经营容易忽视适应性、收益性、互惠性三原则<sup>[35]</sup>。例如原始顺坡林地和坡改梯数年后以清耕为主的黄桃园,生物多样性明显下降,地表10 cm以下土壤孔隙度、土壤含水量、土壤生物量均显著下降,土壤矿质化严重等<sup>[3]</sup>。不合理开发造成林下生境质量降低,土壤物理性状(土壤孔隙度、土壤紧实度)和土壤养分状况(氮、磷、钾等含量)等恶化,阻碍果树生长,降低果园产量和果实品质<sup>[36]</sup>。

综上,水土流失、面源污染、低生物多样性在红壤丘陵区规模化果园开发过程中表现出破坏性、连续性、复杂性、隐藏性与交互性等特征,且贯穿果园发展始终。

## 2 全生命周期关键治理技术

红壤丘陵区规模化果园开发的主要生态问题在果园不同经营时期表现出的主次不同。为实现果园系统管理,本研究将果园发展划分为规划建园期、幼林期、壮林期、老龄衰退期4个阶段,以开发过程中主要生态问题的演变规律为出发点,基于全生命周期视角,厘清各阶段主要工作要点,并阐明相关策略。

### 2.1 规划建园期

南方红壤丘陵区规模化果园开发规划建园期关键治理技术主要包括合理留植育林、科学整地布施、优化坡面径流管理3个方面(见表1)。整地作为人工林培育8项基本技术措施之一,能有效减少杂草和病虫害,提高土壤肥力,改善造林地微环境,便于造林施工,提高造林质量等<sup>[37-38]</sup>。果园普遍怕涝,而南方红壤丘陵区以亚热带季风气候为主,年内干湿分明,降水集中,且整地扰动后地表因植被覆盖度下降多发育沟系,易诱发水土流失,因此果园成林前要注意排蓄水,避免园内滞水或大旱<sup>[39]</sup>。

山地果园开发应遵循生态清洁小流域建设理念,参考水土保持“30%山顶戴帽、30%生态留林、40%果园开发”原则,充分权衡生态与生产<sup>[3]</sup>。果园规划应

定位果园性质、功能和产品,内容包括生产用地规划与非生产用地规划等,规划设计基本原则<sup>[8]</sup>为:①依托资源,综合规划;②因地制宜,适地适树;③崇尚自然、富

有美感;④突出特色,合理布局;⑤坚持市场导向,为区域增收;⑥保护环境与保持生物多样性。

表 1 南方红壤丘陵区规模化果园开发规划建园期关键治理技术

关键技术	技术配置示例	配置参数或释意	主要功效
合理留植 育林	山顶盖帽留植	以耐旱、耐贫瘠、根系发达的乔木(杜英、枫香、苦槠、栲木、木荷、青冈等)、灌木(赤楠、杜鹃、胡枝子、檵木、栀子等)、草本(狗尾草、芒、鸭嘴草、刺芒野古草等)为主 <sup>[6]</sup>	涵养水源
	山坡垂直留植	以耐旱、耐贫瘠、对病虫害具有趋避作用的乔木(番石榴、喜树、香樟等)、灌木(赤楠、杜鹃、花椒、胡枝子、栀子等)、草本(马缨丹、决明、五爪金龙、马兜铃等)为主 <sup>[6]</sup>	生物防控
	山脚水平留植	以耐旱、耐贫瘠、地上生物量大且簇生的灌木(大叶黄杨、火棘、马甲子、忍冬、紫穗槐等)、草本(黄花菜、巨菌草、类芦、五节芒、香根草等)为主 <sup>[6]</sup>	泥沙阻控
	阶面外沿留植 土壤专项检测 分殖造林法 种苗造林法	在整地时保留坡改梯阶面外沿等高线位置的优良乡土植被,注重梯壁维护 <sup>[40]</sup> 筛选造林果树时立足乡土树种和土壤理化性质 <sup>[3]</sup> ,充分论证其对环境条件的要求 利用果树根、茎、枝等营养器官作为繁殖材料,造林避开旱季 <sup>[38]</sup> 以完整的种子作为繁殖材料,造林避开旱季 <sup>[38]</sup>	固坡减沙 提质增效 节约成本 生长稳定
科学整地 布施	水平阶	适用于 15°~25° 的陡坡,阶面宽 1.0~1.5 m,可具有适当反坡或设计成隔坡水平阶,上、下阶面距离以设计的果树行距为准,果树距离阶边 0.3~0.5 m <sup>[3]</sup>	扩充空间
	反坡梯田	田面向内倾斜 3°~5°,田面宽 2.0~3.0 m,前埂后沟,梯面与等高线方向一致,横向比降保持在 1% 以内,在田面中部挖树穴栽植果树 <sup>[3]</sup>	蓄水保墒
	水平沟	适用于 30° 以上不宜开挖反坡梯田的陡坡荒山,沿等高线开挖,沟宽 0.5~1.0 m,外沿用生土修筑宽、高各约 0.5 m 的拦水墙,沟深 0.4~0.6 m <sup>[37,41]</sup>	蓄水保墒
	鱼鳞坑	适用于坡度 15°~45°、地形破碎的荒山坡地,各坑沿等高线呈“品”字形排列,自上而下、里切外垫修筑半月形土埂(半径约 0.8 m、深约 0.2 m),苗木栽于坑内中上部 <sup>[42]</sup> ,坑两端开挖呈倒“八”字形的宽、深各 0.2~0.3 m 的截水沟 <sup>[41]</sup>	保墒节肥
大坑整地	适用于坡度 30° 以下荒地或撂荒地,坑长 1.5~2.0 m,深、宽各 0.8 m,各坑沿等高线呈“品”字形排列,坑内适合栽植乔木果树,坑沿可播种造林 <sup>[37]</sup>	截水保墒	
优化坡面 径流管理	截水沟	在山顶水土保持林下缘,依据留林面积与降水量沿等高线修建截洪沟,沟底宽 0.3~0.5 m,沟深 0.4~0.6 m,避免山顶地表径流直入果园 <sup>[43]</sup>	截洪消能
	水平竹节沟	梯面内侧、梯壁底部搭配宽、高各约 30 cm 的竹节沟,沟内适当距离设溢流口 <sup>[3]</sup>	蓄水拦污
	山边沟	山边沟间距一般为 16~20 m,坡度小的间隔 20 m,坡度大的间隔 16 m,截面呈浅三角形,宽 2 m,外高内低,高差 0.1 m,用于截断纵向径流 <sup>[42]</sup>	截洪消能
	排水沟	沟型可参考费用低廉、易施工、易恢复、能安全排泄坡面径流、兼顾自然、便于小型农机通行的草沟(宽约 2 m,断面呈浅抛物线形) <sup>[44-45]</sup>	排水消能
生态山塘湿地	常设置在纵横排水沟衔接处,宽度为排水沟的 2 倍,长度为池体宽度的 2 倍,深度宜取 1.5~2.0 m <sup>[43]</sup> 一般利用天然集水地作为园区灌溉水源地,在提升区域生物多样性的同时使果园外排水更符合生态 清洁小流域建设标准 <sup>[3,42]</sup> ,可搭配生长迅速、净水能力强、有一定附加经济效益的湿生草本荷花、狐尾藻、空心菜、水芹菜、芋等 <sup>[6]</sup>	沉沙蓄水 蓄水返淤	

## 2.2 幼林期

南方红壤丘陵区规模化果园开发幼林期关键治理技术主要包括快速植被覆盖、水肥高效管理、适时林下复合经营 3 个方面(见表 2)。植被具有显著的水土保持效益,科学的地表覆盖能增加土壤养分含量,提升养分的有效性<sup>[39,46]</sup>,有效调控地表径流和壤中流的产流过程,改善水的渗透和存储状况等,对南方红壤区充分利用雨洪资源有重要现实意义<sup>[11]</sup>。果园规划整地后地表生物多样性显著下降,需要构建不低于 60% 的地表覆盖体系来减轻果园水土流失<sup>[12,15]</sup>。丰富园内作物覆盖多样性有诸多效益<sup>[31,47]</sup>:①产生信息素,迷惑对应的害虫,减少其在果园的时空交集;②改变寄主营养,降低害虫寄生率;③改变微气候,降低害虫成活率;④转移生存能力强的害虫,抑制虫害爆发;⑤增加害虫天敌数,提升对节肢类害虫的生物防治能力;⑥减少空

气中的悬浮固体颗粒物,减轻干旱胁迫;⑦有效提高人工植物群落的综合能力。

土壤肥力是生产的基础,而果园在壮林期前经济效益差,果农营林积极性低<sup>[48]</sup>。通过植被覆盖固土培肥后,可以坚持“适地适养、生态保护优先”原则,因地制宜、合理配置作物,充分利用林下空间进行复合经营(种植业、养殖业),解决果农收入问题,促进生态功能协同经济功能综合提升<sup>[15,39]</sup>。

## 2.3 壮林期

南方红壤丘陵区规模化果园开发壮林期关键治理技术包括药肥减施与绿色替代、病虫生态防治 2 方面(见表 3)。壮林期应坚持生态果园管理模式,生产营养、安全、无污染的有机绿色果品。果树施基肥、追肥坚持测土配方,多用有机肥,少用甚至不用化肥<sup>[3]</sup>。积极推广生物有机肥、缓释肥等能有效控制养分释放

表2 南方红壤丘陵区规模化果园开发幼林期关键治理技术

关键技术	技术配置示例	配置参数或释意	主要功效
快速植被覆盖	苔藓、秸秆覆盖	苔藓 <sup>[34]</sup> 与秸秆覆盖 <sup>[49]</sup> 等为常见经果林地表覆盖方式	固土培肥
	果园生草覆盖	幼林期行间生草,壮林期全园生草,在夏、冬季节能调控3~5℃地温 <sup>[39]</sup> 。以根系发达的固氮豆科植物(白三叶、草木樨、落花生、紫云英等)为主 <sup>[6]</sup>	固土培肥
	梯壁绿色覆盖	复杂的植被格局(苔藓+草本+灌木)更有利于改善土壤养分,促进营养元素平衡,形成稳定的生态环境 <sup>[34]</sup> 。以根系和匍匐茎发达、生长迅速的多年生草本(薜荔、地苕、狗牙根、假俭草、络石等)为主 <sup>[6]</sup>	固土培肥
水肥高效管理	测土配方——生态平衡施肥	开展土壤氮、磷、钾等大量元素及中、微量元素养分测试,科学评估果园土壤肥力质量 <sup>[42]</sup> ,能有效消除、平衡施肥技术在推广普及中的主要限制性因素,是果园可持续发展中的关键技术之一 <sup>[26]</sup>	节能增效
	节水灌溉	采用低压管道输水、渠道防渗、地面灌溉节水、微灌、喷灌等,提高灌溉水有效利用率及水分生产率 <sup>[27]</sup>	节能增效
	水肥一体化	通过灌溉系统作为作物浇水施肥的水肥一体化技术,能保证作物在吸收水分的同时吸收养分,是迄今为止农业生产中水肥节约效果最佳、应用最广泛的水肥技术之一 <sup>[50]</sup> 。在集约化果园中推行水肥一体化的同时可以结合植物篱措施 <sup>[23]</sup>	节能增效
适时林下复合经营	果粮间作	通过果粮间作形成多层立体结构是当前热带、亚热带果园的发展方向 <sup>[51]</sup>	经济效益
	林下作物种植	果果、果花、果草、果粮、果药、果菌等模式是目前果园主要复合种植模式 <sup>[35]</sup> ,合理经营能改善果园土壤和小气候环境,促进果树生长,提升经济、生态效益 <sup>[52]</sup>	经济效益
	林下养殖	养殖畜禽具有抵制杂草与爬行类害虫危害、减少或杜绝地表药肥造成的面源污染、形成复杂食物网以提升生态系统稳定性等益处。养殖模式如:林草枝叶配合饲料喂猪→猪粪尿制沼、育菇→菇渣、沼肥入塘养鱼→塘淤返田、培肥塘基 <sup>[51]</sup>	经济效益

量与速率的新型肥料,以提高肥料利用率、防止土壤板结、增加土壤透气性、提高土壤肥力<sup>[53]</sup>。同时,在果园套种绿肥作物是非粗放整地型果园培育肥沃耕作层、提高土壤肥力和生产力的有效途径,可为果树生存营造良好环境<sup>[39]</sup>。

南方红壤丘陵区果园常见病虫害有<sup>[54]</sup>:李园黑斑病、胴枯病、食心虫等;梨园锈病、轮纹病、蚜虫、天蛾等;枣园枣蛾等;枇杷园癌肿病、蚜虫、象甲等;葡萄园

黑豆病、炭疽病、虎天牛、卷叶蛾等;桃园缩叶病、蚜虫、食心虫等;杨梅园蓑蛾、卷叶蛾等;苹果园斑点落叶病、赤星病、蜡、卷叶蛾、食心虫等;柑橘园疮痂病、黑星病、介壳虫、鳞翅目害虫等。传统杀虫方法在防控害虫时亦对益虫无益,依靠害虫自然天敌进行防治是果园生态系统可持续发展的关键因素之一<sup>[55]</sup>。为降低化学药剂使用频次与使用量,真正获得绿色水果,应尽量融合绿色防控技术,遵循“预防为主、综合防治”原则<sup>[56]</sup>。

表3 南方红壤丘陵区规模化果园开发壮林期关键治理技术

关键技术	技术配置示例	配置参数或释意	主要功效
药肥减施与绿色替代	有机肥与无机肥配施	有机肥与无机肥配施影响水果品质,如鸡粪与化肥3:1施用,能提高苹果品质,增加单果质量和果实体积等 <sup>[57]</sup>	增肥减污
	科学施用基肥	深翻土壤20~30cm,将落果、杂草等翻入土下形成土壤腐殖质;在树盘外条施、穴施或开沟(深约30cm、宽约20cm)施用有机肥、果树专用肥等 <sup>[39]</sup>	增肥减污
	合理追肥	一般根据果树长势和挂果量,在花前或花后追施速效果树专用肥,并灌足水分来促进肥料分解,以满足果树后期生长需求 <sup>[39]</sup>	增肥减污
	绿肥套种	每逢4月于梯面套种印度豇豆、黄豆等作物或其他绿肥,利用根瘤菌固氮作用可改善土壤肥力,还能增加果农收入;果树进入盛果期,以生草保墒为主 <sup>[39]</sup>	增肥减污
病虫害生态防治	物理防治	采取杀虫灯(每盏控制面积为1.5~2.0hm <sup>2</sup> )、防虫网、黄板诱杀(一般从7月中旬开始悬挂)、果实套袋、人工捕杀等 <sup>[42,56]</sup>	病虫害防治
	生物防治	采用生物化学农药扰乱害虫交配信息,利用木质藤片引诱灭杀成虫等 <sup>[3]</sup>	病虫害防治
	科学施药	生物源及生物化学农药施用必须注意温度、湿度、阳光和雨水四大气候因素,如:温度宜控制在20℃以上;在露水未干时喷施细菌粉剂,使药剂能很好地黏附在茎叶上;避免强烈的太阳光;严禁在暴雨期间施药,以确保杀虫效果 <sup>[42]</sup>	病虫害防治
	农业防治	如保持环境清洁、灌水保墒以减少病虫害滋生繁衍,修剪树形、树干涂白涂胶环等以强化树体抗病虫害性能 <sup>[56]</sup>	病虫害防治
蜜源生物缓冲带	果林周边种植蜜源生物缓冲带,为授粉昆虫和其他有益生物提供栖息地 <sup>[58]</sup> ,既能吸引授粉昆虫和其他有益昆虫聚居,又能屏障风媒害虫(食蚜蝇、瓢虫、草蛉和野蜂等),促进果园健康成长 <sup>[59]</sup>	病虫害防治	

## 2.4 老龄衰退期

老果园形成原因主要有<sup>[60]</sup>:①果树自然衰老;②果园郁闭加重,梯壁倒塌,管理难度增加;③管理不到位,投入不足(重栽轻管、管理粗放)。果园衰退期并

非单指果树衰老,还包括设施老化、土壤退化,以及果农对传统栽培模式的依赖、管理技术落后等,即果园整体效能呈下降态势。进入衰退期,果园品质和产量下跌明显。据调查,老果园年均产量较正常果园降低至

少 15 000 kg/hm<sup>2</sup>, 优果率下降 20 个百分点<sup>[61]</sup>。因此, 果园衰退趋势一旦明确, 就需要抉择果园发展方

向, 而不同种类的果树林在衰老后进行改造的方法因果树寿命不同而有所差异(见表 4)。

表 4 南方红壤丘陵区规模化果园开发老龄衰退期关键治理技术

关键技术	技术配置示例	配置参数或释意	主要功效
高接换头、点位补栽	高接换头 点位补栽	柑橘、杨梅、梨等经济寿命长的果树, 只要树体健康, 就可直接进行改造, 如剪枝修形、嫁接等 <sup>[60]</sup> 将老树移除, 补栽具有一定树势的新苗。建议在园区划分特定区间种植果树幼苗, 用于栽植所需 <sup>[60]</sup>	保持收益 保持收益
去大留小、树形改造	去大留小 树形改造	对栽植密度过大的老果园合理间伐, 按“先开行间后株间, 去大留小减级次”原则, 针对果园实际情况逐步间伐, 将单位面积株数逐渐降低至合理水平 <sup>[61]</sup> 主要目标是提干、落头、疏大枝	保持收益 保持收益
梯壁修复		梯壁是梯田的主要侵蚀部位, 保证梯壁稳定是维持梯田生态功能的关键, 梯壁垮塌会使整个梯田的结构受到破坏 <sup>[40]</sup>	生态稳定
果农技术更新		认识不到位、对传统栽培模式存在依赖、担心改造减产会影响收入而对改造存在抵制情绪是管理者在认识方面的“衰退” <sup>[61]</sup>	保持收益
整园灭茬, 重新建园		适用于经济寿命短、衰老即意味着失去更新复壮价值的果树, 如桃、李类, 以及寿命长但结果早的果树, 如猕猴桃、葡萄等 <sup>[60]</sup>	保持收益

### 3 结束语

在全球气候变暖、发展绿色林果产业的必然趋势下<sup>[62]</sup>, 我国红壤丘陵区经果林对全国、世界而言具有日益重要的战略地位, 但其绿色可持续开发受制于自然环境、人文因素、经济条件等, 依然面临诸多困难。本研究将规模化果园发展阶段化, 围绕水土流失、面源污染、低生物多样性三大主要生态问题, 以开发过程中主要生态问题的演变规律为出发点, 基于全生命周期视角, 厘清了各阶段主要工作要点并阐明相关策略, 以促进红壤丘陵区生态与经济可持续发展, 亦可为其他地区经果林绿色发展提供参考。

#### [参考文献]

- [1] 蔡旭东, 周怡雯, 刘窑军, 等. 南方红壤区坡耕地不同耕作措施综合生态效益评价[J]. 水土保持研究, 2020, 27(5): 281-287.
- [2] 王凌霞, 李忠武, 王丹阳, 等. 红壤低山丘陵区水土流失防治分区方法与措施配置: 以宁都县小洋小流域为例[J]. 土壤学报, 2021, 58(5): 1169-1178.
- [3] 袁海群, 刘嘉欣, 杨艳坤, 等. 林果产业绿色发展助力生态宜居美丽乡村建设: 以湖南邵阳李子塘村为例[C]//谭吉华, 龚舒. 湖南师范大学大学生 2021 年暑期社会调查报告荟萃. 长沙: 湖南师范大学出版社, 2022: 239-252.
- [4] DUAN Jian, LIU Yaojun, TANG Chongjun, et al. Efficacy of orchard terrace measures to minimize water erosion caused by extreme rainfall in the hilly region of China: Long-term continuous in situ observations[J]. Journal of Environmental Management, 2021, 278: 111537.
- [5] DUAN Jian, LIU Yaojun, YANG Jie, et al. Role of groundcover management in controlling soil erosion under extreme rainfall in citrus orchards of southern China[J]. Journal of Hydrology, 2020, 582: 124290.
- [6] 江西省水利科学院, 湖南师范大学. 红壤丘陵区规模化果

园生态功能提升的植被多维配置方法: CN202110949280.0 [P]. 2021-12-21.

- [7] 史志华, 杨洁, 李忠武, 等. 南方红壤低山丘陵区水土流失综合治理[J]. 水土保持学报, 2018, 32(1): 6-9.
- [8] 赵思东, 邱族周, 左芬, 等. 观光果园规划设计的原则与方法[J]. 经济林研究, 2006, 24(3): 45-47, 55.
- [9] 王昭艳, 李亚光, 李湛, 等. 水土流失防治措施在非点源污染控制中的作用[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 92-94, 109.
- [10] 张洪金, 程金花. 土壤侵蚀原理[M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 2014: 218.
- [11] 段剑, 刘窑军, 汤崇军, 等. 不同下垫面红壤坡地壤中流对自然降雨的响应[J]. 水利学报, 2017, 48(8): 977-985.
- [12] 水建国, 叶元林, 王建红, 等. 中国红壤丘陵区水土流失规律与土壤允许侵蚀量的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(2): 179-183.
- [13] 王耀锋, 邵玲玲, 刘玉学, 等. 桃园生草对土壤有机碳及活性碳库组分的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(20): 6002-6010.
- [14] FERREIRA C S S, KEIZER J J, SANTOS L M B, et al. Run-off, sediment and nutrient exports from a Mediterranean vineyard under integrated production: An experiment at plot scale[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2018, 256: 184-193.
- [15] LIU Yaojun, YANG Jie, HU Jianmin, et al. Characteristics of the surface-subsurface flow generation and sediment yield to the rainfall regime and land-cover by long-term in-situ observation in the red soil region, Southern China[J]. Journal of Hydrology, 2016, 539: 457-467.
- [16] LI Linyang, CHEN Peng, WANG Kaili, et al. Gramineae-legumes mixed planting effectively reduces soil and nutrient loss in orchards[J]. Agricultural Water Management, 2023, 289: 108513.
- [17] CELETTE F, RIPOCHE A, GARY C. WaLIS—A simple model to simulate water partitioning in a crop association: The ex-

- ample of an intercropped vineyard [J]. *Agricultural Water Management*, 2010, 97(11): 1749–1759.
- [18] 胡宏祥, 马友华. 水土流失及其对农业非点源污染的影响 [J]. *中国农学通报*, 2008, 24(6): 408–412.
- [19] WANG Maomao, JIANG Tianheng, MAO Yangbin, et al. Current situation of agricultural non-point source pollution and its control [J]. *Water, Air, & Soil Pollution*, 2023, 234(7): 471.
- [20] WAN Wei, HAN Yiwen, WU Hanqing, et al. Application of the source-sink landscape method in the evaluation of agricultural non-point source pollution: First estimation of an orchard-dominated area in China [J]. *Agricultural Water Management*, 2021, 252: 106910.
- [21] 莫明浩, 方少文, 涂安国, 等. 水土流失面源污染及其防控研究综述 [J]. *中国水土保持*, 2012(6): 32–34.
- [22] 杨滨键, 尚杰, 于法稳. 农业面源污染防治的难点、问题及对策 [J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2019, 27(2): 236–245.
- [23] SONG Ke, QIN Qin, YANG Yefeng, et al. Drip fertigation and plant hedgerows significantly reduce nitrogen and phosphorus losses and maintain high fruit yields in intensive orchards [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2023, 22(2): 598–610.
- [24] 郭晓睿, 宋涛, 邓丽娟, 等. 果园生草对中国果园土壤肥力和生产力影响的整合分析 [J]. *应用生态学报*, 2021, 32(11): 4021–4028.
- [25] RAJPUT S, SHARMA R, KUMARI A, et al. Pesticide residues in various environmental and biological matrices: Distribution, extraction, and analytical procedures [J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2022, 24(5): 6032–6052.
- [26] 张钰娴, 李凯荣, 牛振华. 果园水肥管理研究综述 [J]. *中国农学通报*, 2005, 21(7): 302–307.
- [27] 韩云, 张红梅, 宋月鹏, 等. 国内外果园水肥一体化设备研究进展及发展趋势 [J]. *中国农机化学报*, 2020, 41(8): 191–195.
- [28] 伍光和, 王乃昂, 胡双熙, 等. *自然地理学* [M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2008: 447.
- [29] 马骞, 于兴修. 水土流失生态修复生态效益评价指标体系研究进展 [J]. *生态学杂志*, 2009, 28(11): 2381–2386.
- [30] LÜ Xiaotao, HU Yanyu, WOLF A A, et al. Species richness mediates within-species nutrient resorption: Implications for the biodiversity-productivity relationship [J]. *The Journal of Ecology*, 2019, 107(5): 2346–2352.
- [31] 杨洁, 谢颂华, 喻荣岗, 等. 红壤侵蚀区水土保持植物配置模式 [J]. *中国水土保持科学*, 2010, 8(1): 40–45, 70.
- [32] CHAPPELL M J, LAVALLE L A. Food security and biodiversity: can we have both? An agroecological analysis [J]. *Agriculture and Human Values*, 2011, 28(1): 3–26.
- [33] HOOPER D U, CHAPIN F S, EWEL J J, et al. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge [J]. *Ecological Monographs*, 2005, 75(1): 3–35.
- [34] LI Wenqing, LIU Yaojun, ZHENG Han, et al. Complex vegetation patterns improve soil nutrients and maintain stoichiometric balance of terrace wall aggregates over long periods of vegetation recovery [J]. *Catena*, 2023, 227: 107141.
- [35] 卢玉鹏, 高柱, 张小丽, 等. 果园生态系统复合经营的开展模式及生态机制综述 [J]. *中国果树*, 2021(12): 9–15.
- [36] CELETTE F, FINDELING A, GARY C. Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate [J]. *European Journal of Agronomy*, 2009, 30(1): 41–51.
- [37] 毛秀娟. 整地技术在人工造林中的应用 [J]. *黑龙江科技信息*, 2015(31): 266.
- [38] 谭靖然, 杨俊, 白晓旭, 等. 林区营林整地与造林技术措施分析 [J]. *农业与技术*, 2021, 41(14): 77–79.
- [39] 林志红, 谭晓庆, 罗亚琴, 等. 浅谈果园更新的高效栽培技术及病虫害防治措施 [J]. *果农之友*, 2022(12): 38–40, 58.
- [40] 吴瑾, 刘窑军, 郑涵, 等. 植被恢复对油茶园梯壁土壤团聚体及赋存有机碳的影响 [J]. *水土保持学报*, 2023, 37(6): 290–297.
- [41] 刘宝元, 刘瑛娜, 张科利, 等. 中国水土保持措施分类 [J]. *水土保持学报*, 2013, 27(2): 80–84.
- [42] 江西省环境保护厅. 南方丘陵地区果园面源污染防治技术指南: DB36/T 1047—2018 [S]. 南昌: 江西省质量技术监督局, 2018: 4–15.
- [43] 陕西省水利厅. 陕南山地丘陵区水土流失综合治理技术规范: DB61/T 1545—2022 [S]. 西安: 陕西省市场监督管理局, 2022: 16, 39.
- [44] 李小强. 水土保持技术在梯田生态果园建设中的应用 [J]. *人民长江*, 2004, 35(12): 8–17.
- [45] 江西省水土保持科学研究院. 一种生态复合型草沟: CN201821396182. 9 [P]. 2019–03–29.
- [46] ZHANG Jie, CHEN Xiaolan, TANG Chongjun, et al. Benefit evaluation on typical soil and water conservation measures in citrus orchard on red soil slope [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(24): 165–173.
- [47] BUGG R L, WADDINGTON C. Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: A review [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1994, 50(1): 11–28.
- [48] 黄毅斌, 应朝阳, 郑仲登, 等. 红壤丘陵区生态果园建设的模式、技术与效应 [J]. *福建农业学报*, 2000(增刊1): 182–184.
- [49] 牟信刚, 陈为峰, 史衍玺, 等. 不同措施在防治山地果园水土流失及面源污染中的应用研究 [J]. *环境污染与防治*, 2007(12): 916–919, 924.
- [50] 史国慧. 水肥一体化技术提高水肥利用效率研究进展 [J]. *农业工程技术*, 2019, 39(5): 51, 53.

# 基于土地利用变化的台州市 生态系统服务价值研究

张 阳<sup>1</sup>, 陈 星<sup>2</sup>, 陈小民<sup>3</sup>, 张 静<sup>3</sup>, 李国辉<sup>2</sup>, 黄云峰<sup>4</sup>

(1. 国家林业和草原局华东调查规划院, 浙江 杭州 310019;

2. 浙江华东林业工程咨询设计有限公司, 浙江 杭州 312599;

3. 台州市自然资源和规划局, 浙江 台州 318001; 4. 安吉县林业局, 浙江 安吉 313000)

**[关键词]** 土地利用; 生态系统; 服务价值; 台州市

**[摘 要]** 土地利用变化对生态系统服务价值影响的研究对土地合理利用与可持续发展具有重大意义, 定量评估生态系统服务价值是人类合理利用生态系统的重要依据。台州市居山面海, 平原丘陵相间, 是浙江“七山一水两分田”的缩影。以台州市 2010 年、2015 年、2018 年三期土地利用数据为基础, 构建生态系统服务价值当量因子表, 分析台州市土地利用变化与生态系统服务价值的响应关系。结果表明: 研究时段内林地是台州市的主要用地类型, 土地利用变化表现为园地、林地、水域转为其他用地, 草地、耕地相对稳定; 生态系统服务价值总体呈下降趋势, 林地是生态系统服务价值贡献率最高的土地类型, 其次为水域; 生态经济协调度分析表明, 研究区经济快速发展已影响生态系统稳定, 进一步加强生态文明建设是区域可持续发展的保障。

**[中图分类号]** X171.1; F301.24 **[文献标识码]** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-0941.2024.12.014

**[引用格式]** 张阳, 陈星, 陈小民, 等. 基于土地利用变化的台州市生态系统服务价值研究[J]. 中国水土保持, 2024(12): 48-52.

土地利用变化对生态系统服务价值有重要影响<sup>[1]</sup>。20 世纪以来, 随着人口增多和城市化快速发展, 人类活动引发了土地覆被变化, 而土地覆被变化对地表景观格局、土地功能以及未来人类活动等造成影

响<sup>[2-3]</sup>。土地利用类型变更导致的全球生态系统服务价值下降已成为影响人类生存和可持续发展的重大问题<sup>[4-6]</sup>。1997 年, COSTANZA et al.<sup>[7]</sup> 首先提出了全球生态服务价值评价方法, 吸引了众多学者开展相关研

[51] 王明珠, 尹瑞龄. 红壤丘陵区生态农业模式研究[J]. 生态学报, 1998, 18(6): 595-600.

[52] 何园球, 樊剑波, 陈晏, 等. 红壤丘陵区农林复合生态系统研究与展望[J]. 土壤, 2015, 47(2): 229-237.

[53] 王艳廷, 冀晓昊, 吴玉森, 等. 我国果园生草的研究进展[J]. 应用生态学报, 2015, 26(6): 1892-1900.

[54] 小林干夫. 果树整形修剪及栽培技术大全[M]. 新锐园艺工作室组, 译. 北京: 中国农业出版社, 2021: 66-124.

[55] DAELEMANS R, HULSMANS E, LAENEN E, et al. Direct and indirect effects of management and landscape on biological pest control and crop pest infestation in apple orchards[J]. Journal of Applied Ecology, 2023, 60(1): 181-192.

[56] 杨天寿. 山地梯田果园病虫害防控技术[J]. 农业技术与装备, 2022(10): 156-158.

[57] 杨安, 程存刚, 李壮, 等. 鸡粪部分替代化肥改善嘎拉苹果外观品质和风味[J]. 植物营养与肥料学报, 2023, 29(10): 1956-1965.

[58] CAMPBELL A J, SUTTON P, WILBY A, et al. Improving pest control and pollination services in cider apple orchards by means of ‘multi-functional’ flowering strips[J]. Environmental Management on Farmland, 2013, 118: 283-290.

[59] 段美春, 张鑫, 李想, 等. 农田景观虫害控制植被缓冲带布

局、模式和功能[J]. 中国农学通报, 2014, 30(1): 264-270.

[60] 胡凤兰, 赵艳平. 老果园更新改造技术[J]. 现代农业, 2018(3): 25.

[61] 王戈, 龙熹, 罗杨. 我国老果园改造技术路径及措施[J]. 中国农技推广, 2015, 31(11): 3-5.

[62] WEBER J, KING J A, ABRAHAM N L, et al. Chemistry-albedo feedbacks offset up to a third of forestation’s CO<sub>2</sub> removal benefits[J]. Science, 2024, 383(6685): 860-864.

收稿日期: 2024-04-08

基金项目: 江西省水利科技重大项目(202426ZDKT06); 国家自然科学基金面上项目(42377336)

第一作者: 袁海群(2000—), 男, 湖南邵阳人, 硕士研究生, 主要从事水土保持与面源污染防治、中学地理课程与教学设计方面的研究。

通信作者: 刘窑军(1986—), 男, 江西吉安人, 副教授, 博士, 主要从事土壤侵蚀过程及机理、水土保持及其生态效益方面的研究工作。

E-mail: Liuyj461@hunnu.edu.cn

(责任编辑 徐素霞)