

开拓资源优势，创新研发潜力，为我国南方红壤地区社会经济发展作贡献^①

——纪念中国科学院红壤生态实验站建站 30 周年

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要：本文系统地论述了我国红壤的资源优势、区位特点和研发潜力，分三个阶段阐述了中国科学院红壤生态实验站建站 30 年来在科研、示范和推广方面的研究进展与取得的重要成果，在此基础上，对红壤生态实验站的研究和规划进行了思考与定位，对我国红壤当前及未来开发创新提出了思考与建议。

关键词：红壤资源；退化；技术；模式；研究规划

中图分类号：S156.6

1 红壤的区位特点和资源优势

我国红壤主要分布在我国南方，总面积 218 万 km²，包括 15 个省(区)(占全国土地面积的 1/5)，人口 4.8 亿(占全国 40%)，耕地 2 800 万 hm²(占全国 30%)^[1]。在占全国 1/3 的耕地上，提供了全国一半的农业产值、一半的粮食和负担了近一半的人口。本区属热带、亚热带季风气候，水热资源丰富，生产潜力巨大，气候生产潜力在 46 ~ 54 t/(hm²·a)之间，是三江平原的 2.63 倍，黄土高原的 2.66 倍，黄淮海平原的 1.28 倍^[2]。区内有 2 000 万 hm² 山丘，3 300 万 hm² 低丘，139 万 hm² 洼地，640 万 hm² 滩涂，670 万 hm² 中低产田，社会区位条件优越，经济发展较快，是我国热带、亚热带经济林果、经济作物及粮食生产的重要基地^[3]。盛产橡胶、竹木、茶叶、油桐、麻类、香料、咖啡等经济作物，以及香蕉、柑橘、荔枝、龙眼、菠萝、椰子等特色水果^[4]。

随着我国社会经济的不断发展，本区已建成具有巨大经济发展潜力的珠江三角洲、长江三角洲、长江流域经济建设带以及北海沿边经济贸易带等。此外，本区还集中建设了不少经济特区、高新技术开发区和沿海开放城市，经济实力已相当雄厚，为红壤腹地与山丘资源的开发注入了新的活力，并为我国南方红壤沿海、沿江社会经济的持续稳定发展提供了保证。由

此可见，本区具有丘陵腹地与沿海、沿江协调发展农业生态和社会经济的巨大区位优势^[5]。

世界红壤地区(热带、亚热带)大多属发展中国家，总面积约 6 400 万 km²，占全球总面积的 45.2%，人口 25 亿(占全球的 48%)^[4]。世界红壤地区中的热带森林面积每年减少 2%，土壤退化面积占全球的 60%，其中多数是耕地，人均粮食仅为发达地区的 1/3 ~ 1/4，到 21 世纪末，东南亚只能养活预计人口的 85%。由此可见，与世界同纬度地区相比，我国红壤地区在区位条件与资源生产潜力上均具有得天独厚的优势。从全球的战略发展看，我国在红壤地区的开发治理成就与经验，可提供世界热带、亚热带，特别是东南亚及亚非拉红壤地区相互交流与借鉴^[6-7]。

红壤区受东南季风影响，水热资源丰富，农业生产和经济发展潜力甚大。此外，生物循环和土地更新力强，全区平均复种指数为 199，以光、温、水为指标的气候生产潜力均大于三江平原、黄土高原及黄淮海平原。目前该区种植的平均产量仅为气候潜力生产量的 20% 左右^[3]。本区尚有 2 000 万 hm² 未开发的山丘荒地(其中 1 067 万 hm² 宜植树造林，395 万 hm² 可用于农耕)、1 667 万 hm² 低丘岗地和 30% 左右的水域面积及河湖、滩地，其中 640 万 hm² 的东海、南海滩涂等重要后备资源均可供开发利用^[8]。在林业生产

^①基金项目：国家重点基础研究发展计划项目(2011CB100506)资助。

作者简介：赵其国(1930—)，男，湖北武汉人，中国科学院院士，研究方向为土壤地理学。E-mail: qgzha@issas.ac.cn

方面, 本区现有林地和灌木稀疏林地 667 万 hm^2 , 可建成我国最大的速生林生产基地。本区也是我国热带、亚热带经济林果、经济作物及名贵药材等名特优创汇产品的重要生产基地, 可以成为我国未来规模经济开发的农业商品建设基地。此外, 本区有色金属等矿产资源极其丰富, 合理开发利用这类资源, 将对本区社会经济建设和农业开发产生重大推动作用^[9]。

2 红壤的研发潜力

我国红壤研究早在 20 世纪 50 年代即已开始, 当时根据国家经济建设的迫切需要开展了以橡胶树栽培为主的热带经济作物宜林地土壤调查, 随后开展了红壤资源调查、红壤区低产土壤调查、长江流域规划、山丘水土保持和土壤普查。在大规模土壤调查和考察的基础上, 集中研究了红壤丘陵土壤侵蚀及其防治途径^[10]、红壤旱地与水稻土的肥力恢复^[11]、红壤酸化防治问题^[12]。20 世纪 60—70 年代, 对次生潜育化引起的红壤性水稻土退化问题开展了系统研究。80 年代在开展红壤养分循环与肥力退化定位研究的同时, 参与了世界热带亚热带土地退化图的编制, 完成了海南岛 1: 100 万土壤-地形体数字化数据库 (SOTER) 的编制工作。90 年代重点开展了红壤质量退化和红壤农田生态系统中养分和水分的循环研究。2000 年起重点开展了红壤质量演变机制与调控研究。近 10 年来, 与日本合作开展了水稻土应对全球变化的研究, 与英国和欧盟开展了土壤重金属污染机制及其修复研究, 与德国、法国和荷兰开展了红壤小流域生态水文过程与红壤侵蚀机理研究, 与美国开展了红壤和水稻土微生物群落演变与有机碳转化的合作研究。

在土壤退化治理方面, 中国科学院南京土壤研究所先后主持了国家科技攻关“八五”专题“南方红壤丘陵区土壤退化机制与防治措施研究”, “九五”专题“退化土壤恢复重建与季节性干旱防御关键技术研究”, “十一五”国家支撑项目“红壤退化的阻控和定向修复与高效优质生态农业关键技术研究与试验示范”; 中国科学院“九五”重大项目中的“农田生态系统水分、养分循环与生产力关系研究”和“十一五”知识创新工程重大项目“江西试区耕地保育与持续高效现代农业试点工程”。同时, 针对红壤质量演变和调控, 开展了 973 项目课题“红壤侵蚀、酸化和肥力退化机理及其恢复重建机制”、“东南丘陵区红壤酸化过程与调控原理”; 国家基金重点项目“我国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控对策

的研究”、“广西红壤肥力与生态功能协同演变机制与调控”。

在区域土壤调查基础和长期定位研究的基础上, 明确了红壤生态系统物质循环、土壤侵蚀、肥力演变及酸化机制与防治对策, 先后出版《中国红壤》(1983)、《华中亚热带土壤》(1983)、《中国红壤土壤改良利用区划》(1985)、《江西红壤》(1988)、《红壤生态系统研究》论文集 7 集(1998—2003), 红壤生态系统退化研究的 PEDOSPHERE 专刊(2000)、《中国红壤退化机制与防治》(1999)、《我国东部红壤区土壤退化的时空变化、机理及调控对策》(2002)、《红壤物质循环及其调控》(2002)、《红壤质量演变与调控》(2008)、《红壤退化阻控与生态修复》(2011)。南京土壤研究所 1953 年建所至今先后发表论文 6 000 余篇, 其中 2/3 涉及红壤区域, 并在红壤研究中获得国家和省部级科技奖共 15 项; 同时培养出一批从事红壤研究的学术带头人和青年科技人才。所有这些, 均为今后开展红壤研究打下了良好的基础。

3 中国科学院红壤生态实验站的研发进展

3.1 1985—2000 年研发进展

中国科学院红壤生态实验站是中国科学院南京土壤研究所于 1985 年在江西省鹰潭市建立的。1985—2000 年期间, 中国科学院红壤生态实验站主持承担的研究项目和课题共有 80 多项, 分别来自国家“八五攻关”、中国科学院生态系统网络(CERN)、国家自然科学基金、重点实验室和开放站基金、国际合作等多种渠道。其中 9 个代表性研究项目的进展如下:

1) 于 1992—1999 年编辑出版了《红壤生态系统研究》第一集至第五集(共 300 万字), 较全面系统地反映了该站在热带、亚热带农业生态系统研究领域的成果, 内容涉及红壤区土地资源综合利用方向与农业持续发展战略, 生态系统水分、养分循环及其平衡、土地退化与防治以及人工优化生态模式等多方面, 对提高我国乃至世界红壤综合开发利用水平, 促进热带、亚热带农业和农村经济的持续发展, 均具有重要的科学和实际意义。

2) 编辑出版了《江西红壤》(与江西省红壤研究所合作主编)一书, 并获得中国科学院自然科学二等奖与江西省科技进步二等奖。该书全面论述了江西红壤及其他土壤的成土条件、过程、属性及其利用改良措施, 对江西红壤资源合理开发利用有其重要的指导意义, 也可为我国南方各地提供参考和借鉴。

3) 主持的国家自然科学基金课题“红壤与环境间物质交换及其与植物生长的关系”，于1994年获得中国科学院自然科学三等奖。该研究采用排水采集器、集水区和野外定位动态监测相结合的综合研究方法，探讨红壤的水热动态与现代成土过程特征、土壤-植物系统中营养元素的循环与平衡及其调控途径，在国内尚属首创；在理论上证实了脱硅富铝化过程仍在继续进行，具有重大的学术意义。

4) 研究了我国磷矿磷肥中镉及其他重金属元素的含量及其对生态环境的影响。首先发现钙镁磷肥生产工艺可以去除磷矿中的80%的镉，为防止长期施用磷肥污染土壤提供了理论依据，并为世界高镉磷矿利用开辟了途径。该成果获中国科学院科技进步二等奖。

5) 参加的土壤腐蚀性研究于1991年获中国科学院科技进步一等奖。该研究根据室内外积累的2000多个基础数据提出了我国重要类型土壤的腐蚀性及其与环境因素的相关性，为我国土壤腐蚀性分级标准及地下工程设计提供了新的依据，并获国家专利三项。

6) 参加的中国磷矿粉的农业利用研究，在理论上阐明了土壤性质对磷矿粉肥效的影响，磷矿粉的结晶性质与肥效的关系及其合理利用技术等；在生产上进行了示范推广，取得了显著的经济和社会效益。成果获中国科学院科技进步二等奖。

7) 开展了红壤地区绛三叶草接种根瘤菌剂的增产效果研究，提出了在施用根瘤菌剂时配合施用磷肥的混合菌剂的接种技术，从而使菌剂对作物及土壤的生态适应能力加强，增产效果比单接菌增产29.3%。这为新垦红壤种好豆科绿肥提供了一条经济有效的增产途径。

8) 开展了土壤天然水化学性质的电化学法原位连续自动检测系统研究，研制了由专用传感器、多通道电化学参数采集器及应用软件组成的测量系统，能连续检测因自然条件变化及农业措施引起的若干化学性质(pH、Eh、电导、温度等)的动态变化，解决了野外自然状态下原位测定土壤或天然水化学性质真实动态参数的问题。

9) 主持了国家“八五”攻关项目“南方红黄壤丘陵低产地综合治理研究”，通过综合治理，余江试区内的低产水田增产12.5万kg，450亩(1亩=667m²)桔园年产由20万kg增至80万kg，400亩茶园产量翻了一翻。该成果获得了鹰潭市科技进步奖。此外，稻田节氮的水肥综合管理技术，花生、油菜配方专用

肥研究等均取得明显成效。

以上研究进展在以下几个方面促进了红壤学科的发展：

1) 在红壤发生学上：确认红壤现代成土过程中脱硅富铝化仍在继续进行，解决了长期以来一直有争议的“红壤是古风化壳还是受当前气候影响的问题”；计算出我国南方4种不同母质发育的红壤的绝对和相对年龄。

2) 在土壤侵蚀研究方面：利用遥感图像解译明确了我国南方土壤侵蚀现状；将¹³⁷Cs示踪技术应用于红壤地区侵蚀估计，并构建了有关模型；校正了Wischmeier土壤可蚀性方程，进行了我国南方不同母质发育红壤的可蚀性研究；提出了调整土地利用方式、改革耕作制度等水土流失防治措施。

3) 在土壤肥力方面：利用地统计学方法分析模型研究了红壤丘陵区土壤肥力的时空变异规律及驱动因子；揭示了红壤养分退化的主要过程、机理，初步提出了红壤养分退化的评价指标体系及土壤肥力恢复重建技术。

4) 在土壤酸化方面：明确了我国红壤酸化现状，揭示了酸化的原因和实质以及酸化的危害，利用有关模型对红壤地区土壤预测酸化趋势，并对红壤地区土壤的酸敏感性进行了分级分区，研究了利用石灰、磷石膏等改良剂在酸化治理中的作用及相关技术。

5) 在土壤污染方面：首次研究了重金属污染与红壤养分元素相互作用的关系，特别是土壤元素化学行为与Cu、Cd等污染的机制。土壤遭受Cu、Cd污染后，其脲酶和磷酸酯的活性降低，但通过施用氮磷肥可缓解其对酶活性危害，使活性提高。

6) 在土壤生物方面：初步确立了红壤质量的微生物生物量、土壤酶活性、土壤生化强度和土壤微生物数量等微生物指标和蚯蚓种群生物量等动物指标。

7) 在红壤季节性干旱方面：首次系统明确了伏秋旱的成因、主要特征及规律，完善了抗伏秋旱技术体系的集成。

8) 在红壤综合治理技术研究方面：根据红壤的地貌坡位特征首次提出了适合低丘红壤发展的“顶林、腰果、谷农、塘渔”红壤综合利用模式等红壤生态系统综合治理技术及农业持续发展对策。

3.2 2001—2005年的研发进展

在此期间，中国科学院红壤生态实验站主持承担的研究项目和课题共有17项国家级课题，6项国际合作课题。主要取得了以下成果：

1) 土壤可侵蚀性和植被恢复研究：系统地研究了土壤侵蚀过程和退化土壤植被恢复过程中土壤结

构稳定性形成机制。揭示了土壤结构稳定性变化的一种新的生物物理机制——土壤弱疏水性形成机制, 研究结果对理解农田土壤碳固定的生物物理机制有重要意义。

2) 红壤水稻土有机质长期定位研究: 探明了主要物料的分解过程, 并首次获得瘠薄红壤中有机物料的分解速率较慢, 而瘠薄红壤中有机碳积累速度较快的结论。

3) 红壤-植物系统中重金属复合污染的环境效应研究: 主要研究了 Cd、Pb、Cu、Zn、As 等一组复合污染物在红壤-植物系统的生态效应, 在对污染物浓度设计上以国内外土壤环境质量标准(或基准)或最大允许含量作为高剂量浓度, 以其 1/3 量作为低剂量浓度。田间迁移动态试验研究表明表土中重金属元素含量缓慢下降; 输出量最大支出项目为从表层向下迁移量, 可比作物地上部分带出量高出几十至数百倍, 为污染土壤防治工作中淋洗技术运用指出了应用前景。

4) 红壤旱地长期定位试验: 利用红壤生态试验站 20 年的定位试验, 研究了长期施肥条件下红壤旱地水解氮、有效磷、交换性钾及全量养分的变化趋势和剖面分布; 揭示了养分平衡状况及不同种类的有机肥和化肥配施对红壤有机质含量和物理性质的影响, 为退化红壤旱地养分库的重建提供了理论依据。

5) 中国红壤退化机制与防治成果: 通过 10 多年的长期田间试验、示范和推广, 系统开展中国红壤退化机制与防治研究。在理论上, 阐明了土壤侵蚀、肥力衰减、土壤酸化等主要红壤退化类型的时空演变规律、过程与机理; 在应用上, 研究形成了一整套低丘红壤综合开发利用及退化红壤恢复重建模式和配套技术体系, 特别是在江西、福建、湖南等地得到大面积的推广应用。此项目出版专著 1 部, 论文集 6 部, 发表期刊论文 200 多篇, 成果累计推广应用超过百万公顷, 获得国家科技进步二等奖。

在社会效益方面, 通过在南方红壤丘陵区推广红壤肥力退化与恢复重建技术体系、红壤侵蚀与水土保持技术体系、红壤酸化与调控技术体系等红壤综合治理技术体系, 累计推广应用面积达 500 万 hm^2 , 新增产值上百亿元, 取得直接经济效益 6 500 多万元; 使该区水土流失减少 30% ~ 50%, 土壤质量逐步恢复提高, 促进了地方建设了 11 个红壤低丘岗地种养食物链优化模式示范区。

在江西省余江县示范推广红壤丘陵的立体优化利用模式——“顶地林草、坡中果牧、谷地农耕、底部渔珠”模式, 提高复合生态系统物流利用率 20% ~

30%, 提高能量利用率 15% 以上; 年出栏生猪 50 多万头, 产值 4 亿多元, 占余江县农业生产总值 65% 以上。在余江县建立了旱地花生——冬季农业核心示范区 34 hm^2 , 花生配方施肥技术示范区 65 hm^2 , 水田核心示范区 40 hm^2 。2003—2005 年间为五十年和百年一遇大旱年, 花生单产比当地对照增产 35%, 总产值年增 491.3 ~ 971.1 万元, 增幅 18% ~ 25%; 稻田产量不减, 但灌溉水利用率提高 60% ~ 100%。旱地和水田推广辐射面积共 14 533 hm^2 , 累积新增经济效益超过 2 000 万元。同时, 与地方有关部门合作建成 800 hm^2 水稻、667 hm^2 节水农业示范区、200 hm^2 有机茶园, 2 000 hm^2 花卉苗木基地, 带动周边地区成为华东较大的花卉繁育基地和旅游休闲观光基地, 成为红壤丘岗地区现代农业发展的一个新的模式。2001—2005 年, 以鹰潭站周边地区为核心, 集成组装了花生高新栽培技术, 标准化葛业生产技术; 在余江县共建立花生产业化示范推广基地 23 000 hm^2 , 新增产值 2 886.6 万元, 增加纯收入 1 802.9 万元; 建立鲜葛产业化示范基地 8 467 hm^2 , 新增产值 2 137.5 万元, 增加纯收入 1 449.2 万元。所有上述成果均得到江西省和鹰潭市重视和推广。

3.3 2006—2013 年的研发进展

在此期间, 中国科学院红壤生态实验站承担的主要课题共有 12 项, 其主要研究进展及成果如下:

1) 低丘红壤区节水农业综合技术体系集成与示范: 该项目获 2008 年鹰潭市科技进步奖一等奖和江西省科技进步二等奖。研究提出了适合南方季节性缺水水稻区的水稻节水控制灌溉土壤水分调控和水稻叶片水分亏缺的诊断新指标体系, 研究和改进了节水灌溉条件下水稻水肥高效利用的综合调控模式, 总结了间歇灌溉与施肥比例、追肥时间的施肥模式相配合的水肥综合调控模式, 节约用水 15% ~ 20%, 提高产量 6%, 减少氮素流失, 提出了低丘红壤区主要果树间歇性微、喷灌节水技术主要指标与浅层地下水开发利用技术。

2) 江西省耕地保育与持续高效现代农业技术研究与示范: 该项目获 2011 年度鹰潭市科技进步一等奖和江西省科技进步二等奖。共研发了 15 项核心技术, 研发与构建了以“控酸、治障、扩源、增效”为目标的旱地高产种植技术体系; 构建了以“改土、增肥、扩源、增效”为目标的稻田肥力持续提升技术, 以及维持土壤肥力和高产高效为目标的稻田现代农业高产高效技术体系。并通过多项技术的配套系统集成, 构建了针对性强、适应性广、定量化程度高、可操作性强的红壤耕地保育与持续高效现代农业技术

体系，突破了现行农业宏观战略研究、技术研发和推广应用相互脱节的格局，将三者紧密结合进行一体化研究、示范推广，并与江西省水稻生产生态区进行有机结合，示范和推广后，产量较对照增产 18%，净收益较对照提高 16%，氮肥利用率较对照提高 14%。

3) 南方红壤区生态(环境)联网观测的关键技术与信息系统：作为“陆地生态系统变化观测的关键技术及其系统应用”的一个部分获 2011 年国家科技进步二等奖。构建了红壤肥力质量、环境质量和健康质量指标体系，共同制定了农业部行业标准 NY/T 1749-2009《南方地区耕地土壤肥力诊断与评价》，观测和揭示了东南丘陵区典型红壤质量演变的区域特征，为指导红壤退化治理提供了理论和数据基础。

4) 低分子量有机酸在可变电荷土壤(红壤)中的化学行为：作为第一主持单位获得 2009 年鹰潭市自然科学奖一等奖和 2011 年江西省自然科学三等奖。针对红壤酸化问题，开展了耐酸植物分泌低分子量有机酸在红壤酸化过程中的作用及其对可变电荷土壤铝化学行为影响机制的系统研究，建立了可变电荷土壤中低分子量有机酸的提取和测定方法。研究结果对于丰富可变电荷土壤化学理论、指导可变电荷土壤的酸化控制和铝毒缓解具有重要意义。

5) 南方水土流失演变状况与红壤丘陵区降雨侵蚀力监测评价：对南方红壤区水土流失与生态安全进行了综合考察，评价了红壤水土流失的现状和 50 年来的演变规律，出版专著《中国水土流失防治与生态安全(南方红壤卷)》。研究指出，我国南方 8 省区近 50 年来，水土流失面积从 1950 年代初的 10.5 万 km^2 增加到 2002 年的 19.6 万 km^2 ，净增加了 9.1 万 km^2 ；1996 年实现了治理大于破坏的历史性转变；2002—2005 年南方 8 省区水土流失面积共减少约 4 500 km^2 ，年均减幅为 1.2%。该研究成果为我国南方水土流失治理奠定了基础，作为“中国水土流失防治与生态安全综合科学考察”的一部分获 2010 年中国水土保持学会科学技术一等奖。

4 我国红壤当前及未来开发创新的思考与建议

4.1 红壤生态实验站的研究定位和重点研究内容

红壤生态实验站应系统研究红壤生态环境要素演变规律、红壤生态系统结构和功能的演变机制、红壤生态环境效应退化机理与调控技术、红壤生态高值农业发展模式与配套技术。围绕资源、农业、环境安全、生物健康 4 大研究领域，配合和支撑土壤研究所“创新 2020”中“一三五”规划的具体落实，重

点开展红壤地力提升的理论与技术体系、红壤丘陵复合系统污染界面过程与调控的集成研究；重点培育红壤-生物系统功能与应用、可变电荷土壤界面化学、红壤丘陵区生态高值农业新肥料创制与精准施肥技术 3 个学科增长点。

首先，应围绕土壤所 4 大领域，坚持红壤站综合交叉的学科特色，以可变电荷土壤为核心，开展复合农田生态系统的重点研究；以土壤圈为理论，开展红壤生态过程长期监测的基础研究。其次，从流域生态环境过程和红壤生态修复技术 2 个方面推动红壤的研究，开展鄱阳湖流域水-养分-污染元素迁移、环境效应和调控，研发以碳氮管理为核心的红壤地力提升与养分高效利用生态技术体系。最后，稳定发展野外试验，促进红壤的学科前沿研究。在学科发展方面，重点开展小流域(关键带)生态水文与元素地球化学研究(土壤地理)、人工林植被恢复过程与土壤侵蚀预测研究(水土保持)、农田土壤加速酸化机制与生物-化学联合阻控技术研究(土壤化学)、不同碳源(生物碳)转化的生物学机制研究(土壤化学)、红壤-微生物-作物根系协同与养分高效利用机制研究(土壤生物)、水稻土结构形成机制和调控研究(土壤物理)、红壤-植物系统重金属复合污染的效应与修复研究(土壤环境)。

4.2 我国南方红壤地区未来开发创新的思考与建议

针对国家重大需求与关键科学问题，我国南方红壤开发的战略建议是：①发挥红壤资源潜力，提高红壤地区粮食产量和生态服务功能。这是落实中央和国务院“区域开发”战略，保证我国粮食安全、生态安全的具体体现。本区水热资源丰富，气候潜力 46 ~ 54 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ，这是发挥粮食现实产量潜力的巨大保证。在生态环境明显改善，农业科技创新的条件下，本区大面积种植业平均产量增产 10% 的目标完全能够实现。②探索红壤肥力与生态功能演变与协同机制。这是充分发挥红壤生产潜力的重大理论问题(图 1)。③研发集成红壤肥力与生态功能协同重建技术。这是缓解/消除红壤主要障碍因子、充分发挥红壤资源优势亟待解决的关键技术问题(图 2)。

实现上述战略的总体思路是针对退化红壤治理的关键问题，根据土壤资源退化类型选择不同研究区域，采用多时空尺度集成研究方法，探明退化现状和障碍因子，阐明红壤资源演变机理和互馈机制，提出协同重建技术与对策，实现科技发展和区域发展目标。

实施计划设置 3 个科学问题：红壤肥力和生态功能协同演变机制、红壤主要障碍因子消减机理、红壤肥力与生态功能恢复的生物-化学复合技术与模

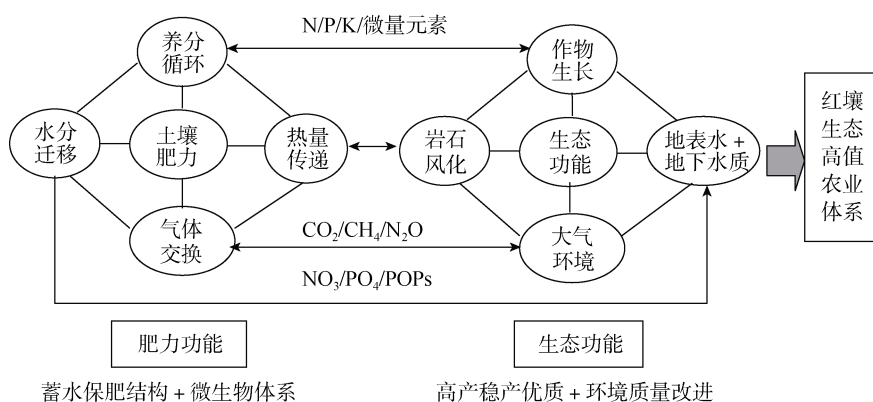


图 1 红壤肥力与生态功能的内涵及其关联

Fig. 1 Connotations and their associations for red soil fertility and ecological functions

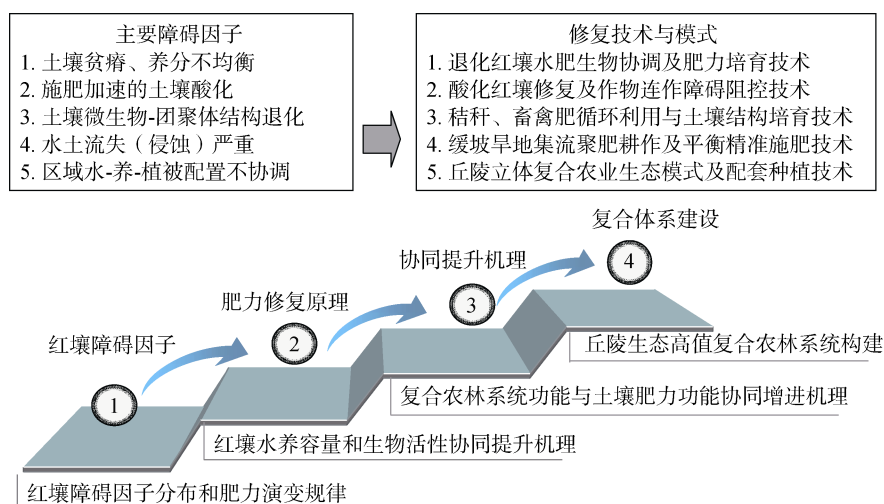


图 2 红壤障碍因子修复模式

Fig. 2 Rehabilitation technologies and models for red soil degradation

式。计划开展 4 个方面的研究：红壤退化与障碍因子、红壤肥力与高产功能演变机理、红壤肥力与生态服务功能交互过程与互馈机制、红壤肥力与生态功能重建技术。针对不同红壤退化类型区，采用 3 个尺度的研究技术：在田间尺度上采用长期培养试验和短期系统模拟研究相结合的方法，在流域尺度上采用长期观测、定位试验和示踪研究相结合的方法，在区域尺度上采用区域调查、多源数据融合和信息分析相结合的方法，针对单项技术采用集成组装和试验验证和推广相结合的方法。最后，实现 3 个总体目标：揭示红壤肥力与功能演变机理，阐明红壤肥力演变对高产和生态服务功能的影响机制，建立退化红壤的协同重建技术体系，促进红壤区域资源-环境-生态-社会的可持续发展。

参考文献：

- [1] 赵其国, 石华, 吴志东. 红黄壤地区农业资源综合发展战略与对策//中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究 (第一集). 南昌: 江西科学技术出版社, 1992: 1-13
- [2] 赵炳梓, 徐富安, 赵其国. 从农田气候生产力看红壤地区的水问题//中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究 (第四集). 南昌: 江西科学技术出版社, 1997: 139-147
- [3] 何园球, 孙波. 红壤质量演变与调控. 北京: 科学出版社, 2008: 1-375
- [4] 赵其国. 红壤物质循环及其调控. 北京: 科学出版社, 2002: 1-495
- [5] 孙波等. 红壤退化阻控与生态修复. 北京: 科学出版社, 2011: 203-442
- [6] 孙鸿良. 我国生态农业主要种植模式及其持续发展的生态学原理. 生态农业研究, 1996, 4(1): 15-22
- [7] 徐明岗, 梁国庆, 张道夫, 等. 中国土壤肥力演变. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 19-23
- [8] 何园球. 红壤丘陵水分养分循环特点与资源的合理利用//王明珠, 张桃林, 何园球. 红壤生态系统研究(第二集). 南昌: 江西科学技术出版社, 1993: 216-223
- [9] 虞依娜, 彭少麟. 生态恢复经济学. 生态学报, 2009, 29(8): 4 441-4 447
- [10] 蔡国强, 黎四龙. 植物篱笆减少侵蚀的原因分析. 土壤

侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 54-60

[11] 凌启鸿, 张洪程, 戴其根, 丁艳锋, 凌励, 苏祖芳, 徐茂, 阙金华, 王绍华. 水稻精确量施氮研究. 中国农业科

学, 2005, 38(12): 2 457-2 467

[12] 王宁, 李九玉, 徐仁扣. 土壤酸化及酸性土壤的改良和管理. 安徽农学通报, 2007, 13(23): 48-51

Exploiting Resource Advantage and Innovating Research and Development Potential for Social and Economic Development in Red Soil Region of Southern China ——In Celebration of the 30th Anniversary of the Establishment of Ecological Experiment Station of Red Soil, Chinese Academy of Sciences

ZHAO Qi-guo

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: The advantages of red soil resources, the characteristics and development potential of red soil region were described firstly. Then the main achievements in research and demonstration were reviewed in three stages during the past 30 years for Yingtan Red Soil Ecological Experiment Station. Finally the future research planning and development strategies for red soils were put forwards.

Key words: Red soil resource; Degradation; Technology; Model; Research planning