

DOI: 10.5846/stxb201405100944

黄国勤, 赵其国. 红壤生态学. 生态学报, 2014, 34(18): 5173-5181.

Huang G Q, Zhao Q G. Initial exploration of red soil ecology. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(18): 5173-5181.

红壤生态学

黄国勤^{1,*}, 赵其国²

(1. 江西农业大学生态科学研究中心, 南昌 330045; 2. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要:红壤是一种重要类型的土壤, 面积大、分布广, 条件优越, 开发利用潜力巨大。当前, 红壤退化严重、生态环境问题突出, 亟待研究治理。建立红壤生态学, 将红壤生态学的理论与技术运用到红壤的生态治理、环境改善及其合理开发利用中, 既是现实需要又是形势所迫, 势在必行。红壤生态学是由土壤学与生态学交叉、复合而形成的一门新兴、边缘农业应用科学, 是土壤生态学的一个分支学科。红壤生态学以红壤为研究对象, 探索红壤生态系统中生物与生物、生物与环境、环境因子与环境因子之间的相互关系及其作用机理, 深入揭示红壤生态系统的结构、功能、演变规律及调控措施, 最终目标是要实现红壤资源的可持续利用和红壤生态系统的可持续发展。红壤生态学着重研究以下 7 个方面的内容: (1) 红壤生态系统的结构; (2) 红壤生态系统的功能; (3) 红壤生态系统的演变; (4) 红壤生态系统的退化; (5) 红壤生态系统的平衡; (6) 红壤生态系统的调控; (7) 红壤资源的开发利用。红壤生态学具有以下几个明显的特征: 交叉性与边缘性、复合性与综合性、实践性与应用性、理论性与学术性、多样性与复杂性、层次性与系统性, 以及长期性与战略性。今后, 红壤生态学将向着规范化、数字化、高效化、国际化方向发展。为促进红壤生态学的又好又快发展, 应采取以下战略对策: 一是培养专门人才; 二是增加物质投入; 三是建设研发平台; 四是加强交流合作; 五是勇于开拓创新。

关键词:红壤生态学; 土壤生态学; 土壤学; 生态学; 红壤生态系统; 可持续发展

Initial exploration of red soil ecology

HUANG Guoqin^{1,*}, ZHAO Qiguo²

¹ Research Center on Ecological Sciences, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

² Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

Abstract: Red soil is an important, widely distributed soil type covering a large area in China. Red soil is highly fertile, with great potential for exploitation, and plays an important role in China's sustainable agricultural, economic and social development. Red soil is found in 16 provinces to the south of the Yangtze River, an area of 2,180,000 km², accounting for nearly 23% of the total land area of the country, while the area of red soil is 1,480,000 km² and accounts for 15.4% of the total soil area of the country. Red soil degradation is a serious ecological and environmental problem that requires urgent research and governance. Establishment of red soil ecology, red soil ecological theory and technology is necessary for improved ecological management, environmental improvement and rational development and use of red soil. For practical reasons, it is imperative that research proceeds rapidly in this area. Red soil ecology is a branch of soil ecology, a cross between soil science and ecology, and constitutes the formation of a complex new branch of applied agricultural science. Ecological studies using red soil are required to explore the relationships between soil organisms and microorganisms, biological and environmental factors, and edaphic factors of red soil. In-depth studies are required to determine the role of these factors in the structure and function of the red soil ecosystem and to aid in the development of sustainable control measures. The ultimate goal is to achieve sustainable use of red soil resources and sustainable development of the red soil

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目 (U1033004)

收稿日期: 2014-05-09; 修订日期: 2014-08-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hgqjxc@sina.com

ecosystems. Red soil ecology focuses on the following seven areas, including 1) red soil ecosystem structure, 2) red soil ecosystem features, 3) evolution of the red soil ecosystem, 4) degradation of red soil ecosystems, 5) red soil ecosystem regulation, 6) red soil ecology and 7) the development and use of red soil resources. Red soil ecology is an applied science. The ultimate aim of the establishment of red soil ecology and red soil ecological studies is the scientific, rational and efficient development and use of red soil resources. Red soil ecological studies aim to enhance agricultural productivity in the red soil region and provide a scientific and technical basis for promoting comprehensive economic and socially sustainable development of red soil. Red soil ecology has several distinct features: it is 1) overlapping and marginal, 2) complex and comprehensive, 3) both practical and applied, 4) theoretical and academic, 5) diverse and complex, 6) hierarchical and systematic, and 7) long-term and strategic. In the future, red soil ecology will develop towards standardization, digitization, efficiency and an international direction. Several obvious trends in red soil ecology will occur in the future: 1) multidisciplinary approaches will be applied, 2) more scientific and technical personnel will be working in this area, 3) studies will be more in-depth and 4) research methods will move from the qualitative to the quantitative. The move to quantitative research methods will be an important direction for the future development of red soil ecology and will be an important indicator of maturity in this field. To promote sound and rapid development of red soil ecology, we should take the following strategic measures: 1) train specialized personnel, 2) increase material inputs, 3) build research and development platforms, 4) strengthen exchanges and cooperation, 5) encourage researchers to blaze new trails.

Key Words: red soil ecology; soil ecology; pedology; ecology; red soil ecosystem; sustainable development

1 红壤生态学的提出

红壤是我国重要的土壤资源,在我国农业及经济社会可持续发展中占有重要地位和作用^[1]。

我国红壤带位于长江以南的 16 个省、区境内,面积 218 万 km²,占全国土地总面积的近 23%,其中红壤类土壤的面积 148 万 km²,占全国土壤总面积的 15.4%^[2]。红壤带内的耕地面积占全国耕地总面积的 36%,而生产出占全国产量 1/2—2/3 以上的粮食、油料、蚕茧、茶叶和肉类。耕地中的水田面积大,在江南区、华南区和西南区的水田面积分别占耕地面积的 80%、70%和 40%。红壤带生产的稻米占全国稻米产量的 90%以上。总体上来看,我国红壤具有面积大、条件好(地处热带、亚热带湿润气候区)、产量高、潜力大的特点。

然而,新中国成立 60 多年来,由于对红壤资源的“过度”开发利用,以及采用“不合理”的耕作栽培方式,我国红壤已出现一系列的生态环境问题,如水土流失、肥力下降、土壤酸化、环境污染、生物多样性衰退,等等^[3]。

针对我国红壤存在的上述生态环境问题,必须采取坚决措施予以治理。而要从根本上治理好这些问题,就必须要有—门新兴学科——红壤生态学,来

承担引领、指导红壤资源的开发、利用和治理。或者说,要用红壤生态学这一新兴学科的基本原理来指导当前及今后我国红壤资源的开发、利用和生态环境治理,以红壤生态学理论为指导,推进我国红壤资源的可持续发展。

2 建立红壤生态学的必要性、重要性和可行性

2.1 必要性:生态问题突出,亟待研究治理

如上所述,由于历史和现实、主观与客观等多方面的原因,我国红壤已出现严重的生态退化问题,突出表现在红壤水土流失严重、土壤养分贫瘠化、土壤酸化、土壤污染,以及土壤生物退化等。从红壤地区经济社会可持续发展考虑,从维护我国生态安全、推进生态文明和建设“美丽中国”的战略着想,必须对我国红壤面临的问题予以重视和有效治理。而要有有效治理我国红壤生态退化问题,就必须建立红壤生态学这门新兴学科,用红壤生态学的理论指导我国红壤生态退化问题的治理。从这一意义上来说,尽快建立红壤生态学,并尽早完善红壤生态学的理论与技术体系,对于我国红壤的生态治理既必要又迫切。

2.2 重要性:资源开发利用,需要理论指导

红壤是我国重要的土壤资源,面积大、分布广,

光、热、水资源丰富,开发利用潜力巨大。新中国成立以来,我国在红壤资源开发利用方面取得了成就就是有目共睹的,也可以说,红壤资源的开发利用为我国农业及经济社会的发展作出了不可替代的历史性贡献。

然而,我国在红壤资源的开发利用过程中,由于“不当”的生产行为和“不良”的技术措施,也不可避免地带来了一系列生态环境问题。由于“工业化”、“城市化”、“城镇化”的快速推进,广西已造成严重的生态破坏。如城市扩建、老城区改造、新城区建设、工业园区建设、房地产开发、修桥筑路、矿山开采等,对耕地、山体、水体、植被、生物等造成严重破坏和危害,并由此引发水土流失、环境污染、自然灾害和生物多样性丧失等多种生态环境问题。建国以来,湖南省衡阳市植被遭受了多次严重破坏,第一次是1958年“大跃进”时期,仅油茶被毁6 666 hm²,1961年覆盖率由1957年的31.72%降到23.00%;第二次1966年至1975年“文化大革命”期间境内林木蓄积量减少了1162.35万m³,减少89%;第三次是70年代末至80年代初,由于田地实行承包,一些农民目光短浅,盲目开荒种地,使大面积森林被砍伐;近年来,开山采矿、采石及基础建设规模迅速扩大,大部分地区不重视生态环境保护、缺乏统一规划,对坡地植被造成严重破坏,加上剥离表土处理不当,造成严重水土流失,也是该地区生态退化的重要原因之一。由于森林遭受破坏,导致水土流失日益加剧,水土流失又诱发土壤肥力下降、河川库塘淤塞、干旱洪涝增多和生物多样性锐减等一系列生态退化问题。此外,农户对耕地重施化肥、农药,偏施氮肥,忽视土杂肥、有机肥和钾肥,致使红壤地力下降、物种单一、生态系统自我调节功能下降^[4]。可以说,如没有正确的理论作指导,不按客观规律办事,不按红壤发展演变规律去开发、去利用,我国红壤地区生态退化问题仍将进一步发生发展,且有愈演愈烈之趋势。

为了抑制这种“不良”趋势的继续和蔓延,必须建立红壤生态学这一新兴学科,用红壤生态学理论指导我国红壤资源的开发利用。

2.3 可行性:基础扎实,时机成熟

1985年12月,在中国科学院的领导下,中国科学院红壤生态实验站于江西省鹰潭市余江县刘家站正式建立^[5],标志着我国红壤生态学研究进入一个

新的发展阶段。

该站组织全国各有关单位和学科进行红壤生态系统的结构、功能和生产率试验,探索红壤与环境间物质循环和能量转换的特点,并设有红壤生态、农田生态、林果生态、水体生态和复合生态等5个研究方向。

至今,中国科学院红壤生态实验站成立已近30年,在红壤生态研究方面取得丰硕成果。出版了《红壤生态系统研究》(第1—6集)^[6-10]、《中国红壤退化机制与防治》^[3]、《中国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控》^[11]、《红壤物质循环及其调控》^[1]、《红壤质量演变与调控》^[12]、《红壤退化阻控与生态修复》^[13]等多部研究著作,发表论文数百篇。由赵其国、张桃林等完成的“红壤退化机制与防治”研究成果,获得2004年度国家科技进步奖二等奖^[14]。

2010年,国家科技部批准立项组建“国家红壤改良工程技术研究中心”;2011年12月,国家红壤改良工程技术研究中心暨主题项目“红壤耕地次生障碍修复技术与集成示范”正式启动,这标志着我国在红壤生态研究方面又迈出了新的一步。

可以说,我国在红壤生态学研究领域已进行了长期的卓有成效的研究,取得的学术成果及实际成效是显著的,进一步将已取得的成果进步总结、提炼、提升,并使之理论化、系统化,在此基础上建立红壤生态学这一新兴学科的时机已经成熟。

3 红壤生态学的性质、研究对象与目标

红壤生态学是一门新兴的农业应用科学,是由土壤学、生态学复合而成的综合性交叉学科,是土壤生态学的一个分支学科。

土壤学是以地球表面能够生长绿色植物的疏松层为对象,研究其中的物质运动规律及其与环境间关系的科学,是农业科学的基础学科之一,其目的在于为合理利用土壤资源、消除土壤低产因素、防止土壤退化和提高土壤肥力水平等提供理论依据和科学方法^[15]。

生态学是研究生物与环境之间相互关系及其作用机理的科学。由于人口的快速增长和人类活动干扰对环境与资源造成的极大压力,人类迫切需要掌握生态学理论来调整人与自然、资源以及环境的关

系,协调社会经济发展和生态环境的关系,促进可持续发展。因此,生态学的最终目的是实现人与自然的协调发展、和谐发展和可持续发展^[16]。

土壤生态学是土壤学、生态学、地理学以及环境科学相互交叉的一门具有广泛研究领域的年轻学科,以土壤生物为中心,研究土壤生物之间、土壤生物与土壤非生命环境间的相互作用,研究的主要内容包括土壤生态系统的结构、功能和人类活动对土壤生态系统的影响过程等^[17]。土壤生态学的目标是实现土壤资源的可持续利用和土壤生态系统的可持续发展。

根据研究的土壤类型(如红壤、褐土、黑钙土、荒漠土、高山草甸土等)的不同,可将土壤生态学分为红壤生态学、褐土生态学、黑钙土生态学、荒漠土生

态学、高山草甸土生态学,等等。显然,红壤生态学是其分支学科之一。由于我国红壤面积大、分布广、条件优越、地位突出,特别是红壤资源的开发利用潜力大,因而,红壤生态学的重要性则是不言而喻的。

红壤生态学,是以红壤为研究对象,探索红壤生态系统中生物与生物、生物与环境、环境因子与环境因子之间的相互关系及其作用机理,深入揭示红壤生态系统的结构、功能、演变规律及调控措施,最终目标是要实现红壤资源的可持续利用和红壤生态系统的可持续发展。

从研究对象与目标来看,红壤生态学与土壤学、生态学、土壤生态学有相似之处,但明显不同(表1)。

表 1 土壤学、生态学、土壤生态学、红壤生态学的研究对象与目标比较

Table 1 A comparative study objects and target within pedology, ecology, soil ecology and red soil ecology		
学科 Subject	研究对象 Study objects	目标 Target
土壤学 Pedology	土壤——地球表面的一层疏松的物质,由各种颗粒状矿物质、有机物质、水分、空气、微生物等组成,能生长植物	为合理利用土壤资源、消除土壤低产因素、防止土壤退化和提高土壤肥力水平等提供理论依据和科学方法
生态学 Ecology	生物与生物、生物与环境之间相互关系、过程、机理及其调控途径、方法与措施	调节生态系统的结构与功能,维护生态平衡,实现人与自然的协调发展、和谐发展和可持续发展
土壤生态学 Soil ecology	土壤生物之间、土壤生物与土壤非生命环境间的相互作用	实现土壤资源的可持续利用和土壤生态系统的可持续发展
红壤生态学 Red soil ecology	红壤生态系统的结构、功能、演变与调控	实现红壤资源的可持续利用和红壤生态系统的可持续发展

4 红壤生态学的研究内容

根据目前国内外对红壤生态研究的状况,可以认为红壤生态学的主要研究内容^[18-19]。

4.1 红壤生态系统的结构

研究由红壤环境与红壤生物组成的红壤生态系统的物种结构、时空结构、营养结构^[20]。(1)物种结构:组成红壤生态系统的物种包括各种土壤生物(土壤动物和微生物),如细菌、真菌、原生动物、线虫、螨、昆虫、线蚓、蚯蚓等,红壤生态学就是要研究土壤生物的种类、分布特征及其多样性变化规律等;(2)时空结构:包括时间结构(如红壤生物与环境因子的昼夜变化、月变化、季节变化、年变化和世纪变化等)、水平结构(景观变化、区域变化)、垂直结构(立体结构、三维结构)等;(3)营养结构:研究红壤生态系统中生产者、消费者和分解者的种类、数量、功能

及三者比例,红壤生态系统中的食物链、食物网的组成及结构,等等。

4.2 红壤生态系统的功能

一是研究红壤生物与红壤环境的互作功能;二是研究红壤生物在有机质分解、养分循环利用、生物扰动、土壤病虫害控制等方面的功能及机理;三是研究红壤生态系统的能量流动、物质循环、价值增值和信息传递的功能与过程。

4.3 红壤生态系统的演变

任何生态系统都在不断的发展变化之中,红壤生态系统也不例外。自然状态条件下,红壤生态系统的发展变化相对缓慢,而在人为干扰,特别是在开垦和农业耕作条件下,红壤生态系统的生物组成、肥力水平,以及整个系统的结构与功能等都将产生巨大变化。为使红壤生态系统朝着符合人们需要的方向发展,必须深入研究其演变、发展规律,探索“定向

演变”的方法与途径,这正是红壤生态学研究的重要内容与目的之一。

4.4 红壤生态系统的退化

由于历史和现实等多方面的原因,我国各地的红壤存在着严重的退化问题,突出表现在:一是由土壤侵蚀引起的水土流失;二是土壤酸化;三是红壤肥力减退;四是红壤遭受严重污染,特别是重金属污染,对红壤地区农产品安全构成威胁;五是红壤质量下降,生态功能衰减,等等。红壤生态学要在全面、深入、系统地研究红壤生态系统退化的类型、危害、原因及机制的基础上,研发防治技术和措施,以在最短时间内使退化红壤生态系统得到恢复与重建^[21]。

4.5 红壤生态系统的平衡

维护红壤生态平衡,是保持红壤生态系统结构、功能“正常运转”的根本保障。当前,影响红壤生态平衡的因素很多,既有自然因素,更有人为原因。要保持红壤生态平衡,不仅要增强人类“应对”自然风险、“防御”自然灾害的能力,更要规范人们开发、利用红壤资源的行为和措施,要在“顺应自然、保护环境”的前提下,科学、合理、适度地开发红壤资源、利用红壤资源,做到红壤资源的开发、利用与保护相结合,走可持续发展之路。

4.6 红壤生态系统的调控

红壤生态学要在上述研究的基础上,进一步研究红壤生态系统的调节和控制。要通过大面积调查与长期试验研究,研发具有广泛适应性、实用性的调控技术和措施,为红壤地区农业高产高效和经济社会可持续发展提供保证。已有研究表明,红壤生态系统的调控方法有3种:一是生物调控,包括合理利用土地、选择适宜的作物种植制度、施用有机肥和种植绿肥等;二是物理调控,包括平整土地、修筑梯田、耕翻晒垡,以及灌溉和排水等;三是化学调控,包括施用化肥、农药,施用石灰、石膏,以及土壤改良剂等。

4.7 红壤资源的开发利用

红壤生态学是一门应用科学,建立红壤生态学科、开展红壤生态研究的最终目的,就是为了科学、合理、高效地开发利用红壤资源,为提升红壤地区的农业生产力、促进红壤地区经济社会的全面、协调、健康和可持续发展提供科学依据和技术模式。

5 红壤生态学的特征

5.1 交叉性与边缘性

如上所述,红壤生态学是由土壤学与生态学交叉形成的一门新兴的边缘学科,是土壤生态学的一个分支学科。因此,红壤生态学具有交叉性与边缘性。

5.2 复合性与综合性

红壤生态学是由“红壤学”与“生态学”复合而成的综合性农业应用学科。尽管目前国内外尚无“红壤学”这一名词,但“红壤学”作为“土壤学”的一个分支或一个组成部分是客观存在的,是实实在在的。显然,从这个意义理解,红壤生态学就具有复合性与综合性。

5.3 实践性与应用性

红壤生态学是一门实践性与应用性很强的学科,研究红壤生态学、发展红壤生态学的目的,就是要为红壤资源的开发利用、为提升红壤地区农业生产力和生态经济效益提供理论依据、现实模式和技术体系,并最终实现红壤地区的粮食安全、食品安全、农业安全及生态安全,实现该地区农业及经济社会的可持续发展。

5.4 理论性与学术性

既然红壤生态学是一门学科,就必然具有理论性和学术性。红壤生态学要从理论上、学术上分析红壤生物与红壤环境之间相互作用的规律及机制,阐明红壤生态系统发展演变的过程、规律及未来变化趋势,揭示红壤生态平衡的影响因素及调控途径,并提出退化红壤生态系统恢复、重建的战略措施与可行方案。红壤生态学的理论性与学术性,不仅为红壤生态学本身的发展明确了目标、指明了方向,而且对推动土壤生态学、农业生态学等相关学科的发展具有积极作用。

5.5 多样性与复杂性

红壤生态学具有多样性与复杂性,这是因为:(1)红壤类型的多样性。根据红壤成土条件、附加成土过程、属性及利用特点,可将红壤划分为红壤、黄红壤、棕红壤、山原红壤、红壤性土等5个亚类。广西红壤可分为赤红壤、红壤、黄棕壤、紫色土等几种^[22];江西红壤包括红壤、黄壤、黄棕壤、紫色土、褐色幼年土等多种类型;福建省大田县红壤土类面积

15.376 万 hm^2 , 占该县土地总面积 67.03%, 有 6 个亚类, 19 个土属, 红壤的 6 个亚类为: 红壤、粗骨性红壤、黄红壤、暗红壤、水化红壤、红土。(2) 红壤分布的广泛性和生态类型的复杂性。世界红壤主要分布于非洲、亚洲、大洋洲及南美洲、北美洲的低纬度地区, 大致以南北纬 30° 为限, 常见于热带雨林区。欧洲特别是在地中海东岸和巴尔干半岛地区也有类似于红壤的土壤存在。东亚地区北起长江沿岸, 南抵南海诸岛、南洋群岛, 东迄台湾, 西至云贵高原及横断山脉的范围为红壤的重要分布地带。中国红壤主要分布于长江以南的低山丘陵区, 包括: 江西、湖南两省的大部分, 滇南、湖北的东南部, 广东、福建北部及贵州、四川、浙江、安徽、江苏等的一部分, 以及西藏南部等地。(3) 研究方法的多样性。研究红壤, 要综合运用野外与现场调查法、实验室分析法、模拟实验法、数学模型与计算机模拟法、生态网络与综合分析法等各种定性定量方法, 在红壤生态学研究过程中, 还应始终体现层次观、整体观、系统观、综合观、进化观等方法论。2011 年美国的大陆尺度生态网络计划终于启动了, 它将全面监测整个美国的环境变化, 从根本上改变传统的小规模、地域性研究方式, 形成陆地领域的群体合作。研究人员宣称, 生态领域的大数据时代已经来临, 生态观测将迎来“数据洪流”。覆盖美国的 60 个地区将同步建立起来。一旦在 2016 年这个台站网络完成后, 一切顺利的话, 将有 15000 个传感器用于收集超过 500 个类型的数据, 包括温度、降水、气压、风速和风向、湿度、日照、如臭氧等的空气污染物浓度、土壤和溪流中各种营养的总量, 以及地区的植被和微生物状态^[23]。

5.6 层次性与系统性

红壤生态学的研究对象主要是红壤生态系统, 组成红壤生态系统的生物与环境具有层次性和系统性的特点, 显然研究这一对象的学科——红壤生态学具有层次性与系统性的特征。红壤生态学的层次性和系统性特征, 要求在进行红壤生态系统研究时, 既要分层次、亚层次、亚亚层次逐一进行研究, 还要分系统、亚系统、亚亚系统逐个进行研究。这样, 才能把各层次研究清楚, 才能把整个系统研究透。

5.7 长期性与战略性

生态学实质是研究人类社会生存的科学, 是解决人类社会生存环境面临的问题, 推进人类社会实

现长远可持续发展的战略性学科。因此, 生态学的视野具有长期性、战略性。同样, 红壤生态学实质就是解决红壤地区人口、资源与环境协调发展的科学, 红壤生态学研究的出发点和落脚点就是推进红壤地区的可持续发展, 其研究成果具有长期性、战略性和可持续性的特点。

6 红壤生态学的发展趋势与战略对策

6.1 发展趋势

红壤生态学是一门新兴的农业应用科学。随着红壤资源的深度开发利用, 以及红壤生态问题的日益显现, 大力发展红壤生态学, 推进红壤生态学的快速发展是必然趋势。

可以预料, 今后我国红壤生态学的发展将出现以下几个明显趋势: 一是学科规模由小到大。目前, 我国红壤生态学的发展还刚刚起步, 学科规模尚比较小。今后, 随着各地对红壤生态学的重视及对红壤生态学发展的推动, 红壤生态学的规模将逐渐变大。二是科技人员由少到多。当前从事红壤生态学的科技人员总体偏少, 随着红壤生态学的发展, 从事该领域研究的人员将逐步增加。三是研究范围由浅到深。学科的发展总是由研究表面、浅层、简单问题, 逐步向研究深层次的“高、精、尖”问题的方向迈进, 红壤生态学也不例外。今后, 红壤生态学将重点研究关系红壤生态系统可持续发展的深层次的若干重大战略问题, 如全球气候变化对红壤生态系统的影响、机理及应对方案, 红壤生态系统的节能减排效应及优化模式, 等等。四是研究方法由定性到定量。当前, 红壤生态学的研究虽有一定数量和规模的量化方法, 但仍有相当研究是以定性为主。从学科发展及成熟的标志来看, 以量化研究方法为主, 将是红壤生态学未来发展的重要方向。

具体来说, 红壤生态学将向着以下几个方向发展:

(1) 规范化

如果说现在红壤生态学的学科结构、体系还是初步的、不成熟的、不规范的, 那么, 今后随着研究的深入与学科的发展, 红壤生态学的学科结构与组成必将更加规范, 研究的内容与体系必将更加完善^[24]。

(2) 数字化

进入 21 世纪,“数字化”已成为当今科学技术发展的必然趋势,红壤生态学也必将朝着“数字化”方向发展。

红壤生态学的“数字化”,即“数字红壤”——就是将红壤信息、红壤生态信息全部“数字化”,这是将红壤生态学融合到现代地学和信息科学的必然趋势,是我国国情所必需,也是我国农业、国土和环保部门的迫切要求。今后,“数字红壤”将在精准农业、地理空间数据管理、土壤养分综合分析评价与模拟预测、地图制图、生态环境演变与预测等理论与实践中得到充分应用。

(3) 高效化

红壤生态学的“数字化”,必将带来红壤生态研究成果在实践推广应用上的“高效化”。如测土配方施肥是一个关系农民增收、农业增效和国计民生并确保粮食安全的战略性措施。近年来,在我国南方红壤地区,利用现代地学和信息科学技术知识开展红壤养分状况、养分管理和施肥技术方面的研究,在充分了解“数字红壤”发展的理论基础、技术原则和应用状况上,结合测土配方施肥的具体情况,从养分管理和施肥技术入手,研究发展和推广应用适合测土配方施肥工作的“数字红壤”技术体系,极大地促进了红壤地区农业发展和农民增收,对建设资源节约型、环境友好型农业,以及推动高效农业的发展均发挥着重要作用。

(4) 国际化

当今的世界,是开放的世界。科技国际化、产业国际化已不可逆转。红壤生态学一旦建立,就必然要走向国际化。新中国成立以来,我国先后多次召开以“红壤”为主题的国际会议,促进了红壤科学技术的交流与发展。今后,为推进红壤生态学的又好又快发展,必须进一步加强红壤科学技术,特别是红壤生态科学技术的国际交流与合作,最广泛地吸收国际上在红壤领域取得的最新成果,并将国际上最新红壤研究成果应用于我国的红壤生态学研究及生产实践。只有这样,我国红壤生态学才能立得住、站得稳、看得见。

6.2 战略对策

6.2.1 培养专门人才

人才是科技事业发展的关键。红壤生态学要发展,就必然要高度重视培养专业人才。在高校,要通

过各种途径培养从事红壤生态学的师资及博士、硕士研究生;在科研院所,要大力引进、培养专心从事红壤生态学的科技人员;在企业、在行政管理部门,也要重视定向培养红壤生态学的专门人才,发挥其在红壤生态学领域研究、开发、管理的才能,让红壤生态学成果尽快转化为生产力。

6.2.2 增加物质投入

发展红壤生态学,必须要有相应的人力、物力、财力投入,尤其是在确保人力资源投入的前提下,要通过增加物力、财力,改善红壤生态学的研发条件,特别是要为从事红壤生态学教学、科研、开发、成果转化的科技人员创造“干事、创业、出成果”的条件,这样才有利于红壤生态学的发展。

6.2.3 建设研发平台

平台建设是学术研究、科技发展的重要条件,对推动学科发展至关重要。在红壤生态学平台建设方面,我国先后建立(或正在建立)的“国家级”研发平台有:中国农业科学院祁阳红壤实验站(1960 年建立,1983 年更名为中国农业科学院衡阳红壤实验站)、中国科学院红壤生态实验站(1985 年建立)、国家红壤改良工程技术研究中心(2010 年批准组建)、红壤丘陵生态系统定位观测研究站(国家林业局陆地生态系统定位研究网络中长期发展规划,建设期限为 2014—2027 年)^[25]。除国家级平台之外,红壤地区各省还建有若干个省级研发平台。今后,为推进红壤生态学的快速发展,必须对现有研发平台进一步充实、提高、完善,充分发挥其应有作用,决不能让其成为“花架子”、“门面”或“摆设”,真正做到既有其“名”,更有其“实”,名符其实。在此基础上,为适应红壤生态学发展的需要,还可根据实际情况,在进行严格认证的基础上,组建新的研发平台。

6.2.4 加强交流合作

要使红壤生态学得到较快发展,必须加强国内、国际的交流与合作。可以设想,在 2—3a 或 3—5a 之内,召开至少 1 次红壤生态学国际学术交流会、2 次国内学术研讨会,这对提升红壤生态研究的学术水平、吸收和借鉴国际上最新研究成果必有裨益。在加强学术交流的基础上,还应重视开展合作研究。不仅要重视国内教学、科研单位间的合作,更要重视与世界上发达国家间的合作。只有这样,才能使我国红壤生态学的科研水平达到甚至超过世界先进

水平。

6.2.5 勇于开拓创新

科研的本质是创新。红壤生态学的发展,离不开创新。当前,我国红壤生态学应重点开展如下创新性研究:(1)我国红壤生态系统生物多样性的现状及保护途径;(2)红壤动物-微生物相互作用提高土壤-作物系统养分生态效率的机理及利用;(3)红壤生物在红壤质量演变、红壤污染物监测指示和废弃物资源化中的作用研究;(4)红壤生态系统与全球生态系统物质循环的耦合途径及其机理研究;(5)红壤生态系统的结构、功能及演变对全球变化的响应与应对策略;(6)我国不同类型区红壤资源开发利用的优化模式及综合效益评价;(7)红壤生态学学科体系创新与学科建设研究。

References:

- [1] Zhao Q G. Material Circulation of Red Soil and its Regulation. Beijing: Science Press, 2002.
- [2] The Chinese Academy of Agricultural Sciences. Comprehensive Management and Agricultural Sustainable Development of Red-yellow Region. Beijing: China Agriculture Press, 2001.
- [3] Zhang T L. Degradation Mechanisms and Prevention of Red Soil in China. Beijing: China Agriculture Press, 1999.
- [4] Liu L F. Reason of the ecological degradation and the countermeasure of ecological rehabilitation in red soil mountain area. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36 (12) : 5161-5162.
- [5] The Ecological Experimental Station of Red Soil. Chinese Academy of Sciences. Ecosystem Research of Red Soil (Part 1). Beijing: Science Press, 1992.
- [6] The Ecological Experimental Station of Red Soil. Chinese Academy of Sciences. Ecosystem Research of Red Soil (Part 2). Nanchang: Jiangxi Science & Technology Press, 1993.
- [7] The Ecological Experimental Station of Red Soil. Chinese Academy of Sciences. Ecosystem Research of Red Soil (Part 3). Beijing: China Agricultural Science & Technology Press, 1995.
- [8] The Ecological Experimental Station of Red Soil. Chinese Academy of Sciences. Ecosystem Research of Red Soil (Part 4). Nanchang: Jiangxi Science & Technology Press, 1998.
- [9] The Ecological Experimental Station of Red Soil. Chinese Academy of Sciences. Ecosystem Research of Red Soil (Part 5). Beijing: China Agricultural Science & Technology Press, 1998.
- [10] The Ecological Experimental Station of Red Soil. Chinese Academy of Sciences. Ecosystem Research of Red Soil (Part 6). Beijing: China Agricultural Science & Technology Press, 2001.
- [11] Zhao Q G. Temporal and Spatial Variations, the Mechanism and Regulation of Soil Degradation in Red Soil Region of Eastern China. Beijing: Science Press, 2002.
- [12] He Y Q, Sun B. Evolvement and Regulation of Red Soil Quality. Beijing: Science Press, 2008.
- [13] Sun B. Control and Ecological Rehabilitation of Red Soil Degredation. Beijing: Science Press, 2011.
- [14] Zhang L H. For the future of red soil-Interview the project team of "Red Soil Degradation Mechanisms and Prevention". China Awards for Science and Technology, 2006, (4) : 34-39.
- [15] Zhao Q G. New ideas of strategic development research of Chinese soil science-Top design and roadmap of strategic development of soil science. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22 (10) : 1639-1646.
- [16] Li W H. Research on ecology and its contribution to social development. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (19) : 5421-5428.
- [17] Cao Z P. Soil Ecology. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [18] Zhao Q G, Huang G Q, Ma Y Q. The problems in red soil ecosystem in southern of China and its countermeasures. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33 (24) : 7615-7622.
- [19] Li X, Xie Y S, Zhang Y L, Lu W Y, Li W Z. Initial exploration of the ecological costs of food production in the hilly red soil region of Southern China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (4) : 1101-1110.
- [20] Ven Leeuwen C G. From ecosystem to ecocodevice // Perspectives in Landscape Ecology, Proceedings of the International Congress for Landscape Ecology. Veldhoven, the Netherland, 1981: 29-34.
- [21] Li W H. Degradation and restoration of forest ecosystems in China. Forest Ecology and Management, 2004, 201 (1) : 33-41.
- [22] Zhao Q G, Huang G Q. Red Soil in Guangxi. Beijing: China Environmental Science Press, 2014.
- [23] Schimel D, Keller M, Duffy P, Alves L, Aulenbach S, Gram W, Powell H. The Neon strategy: enabling continental scale ecological forecasting. NEON, Inc. 5340 Airport Boulevard Boulder, CO 80301, 2009, 42.
- [24] Cao S X, Zhong B L, Yue H, Zeng H S, Zeng J H. Development and testing of a sustainable environmental restoration policy on eradicating the poverty trap in China's Changting county. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2009, 106 (26) : 107-126.
- [25] Chen T W, Liu W. The first red soil hilly ecosystem research station of southern located in Changting. Western Fujian Daily, 2014-01-27 (001 edition).

参考文献:

- [1] 赵其国等. 红壤物质循环及其调控. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 中国农业科学院编. 红黄壤地区综合治理与农业持续发展研究. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [3] 张桃林. 中国红壤退化机制与防治. 北京: 中国农业出版

- 社, 1999.
- [4] 刘兰芳. 红壤丘陵区生态退化的原因及生态恢复对策——以湖南省衡阳市为例. 安徽农业科学, 2008, 36 (12): 5161-5162.
- [5] 中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究(第一集). 北京: 科学出版社, 1992.
- [6] 中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究(第二集). 南昌: 江西科学技术出版社, 1993.
- [7] 中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究(第三集). 北京: 中国农业科技出版社, 1995.
- [8] 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, 1998.
- [9] 中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究(第五集). 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [10] 中国科学院红壤生态实验站. 红壤生态系统研究(第六集). 北京: 中国农业科技出版社, 2001.
- [11] 赵其国. 中国东部红壤地区土壤退化的时空变化、机理及调控. 北京: 科学出版社, 2002.
- [12] 何园球, 孙波. 红壤质量演变与调控. 北京: 科学出版社, 2008.
- [13] 孙波. 红壤退化阻控与生态修复. 北京: 科学出版社, 2011.
- [14] 张立红. 为了红壤的明天——访“红壤退化机制与防治”项目组. 中国科技奖励, 2006, (4): 34-39.
- [15] 赵其国. 中国土壤科学战略发展研究的新思路——土壤学战略发展研究的顶层设计与路线图. 生态环境学报, 2013, 22 (10): 1639-1646.
- [16] 李文华. 我国生态学研究及其对社会发展的贡献. 生态学报, 2011, 31(19): 5421-5428.
- [17] 曹志平. 土壤生态学. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [18] 赵其国, 黄国勤, 马艳芹. 中国南方红壤生态系统面临的问题及对策. 生态学报, 2013, 33(24): 7615-7622.
- [19] 李晓, 谢永生, 张应龙, 芦蔚叶, 李文卓. 红壤丘陵区粮食生产的生态成本. 生态学报, 2011, 31(4): 1101-1110.
- [22] 赵其国, 黄国勤. 广西红壤. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
- [25] 陈天文, 刘文. 南方首个红壤丘陵生态系统定位观测研究站落户长汀. 闽西日报, 2014-01-27(001 版).