

中国科学院红壤生态实验站长期监测研究进展^①

刘晓利, 孙 波, 梁 音, 周 静, 宗海宏, 陈 玲

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘 要: 针对红壤地区面临的一系列土壤问题, 中国科学院红壤生态实验站围绕典型红壤地区水、土、气、生 4 个方面的各项指标参数进行了长期监测。每年共采集和分析整理各类数据约 30 Mb。大量的监测数据信息为红壤生态系统的长期研究以及区域农业可持续发展提供了支撑服务。通过多年的监测研究, 发现红壤地区土壤 pH 呈下降趋势, 土壤有机质、全量氮、磷等养分含量不同程度增加, 土壤速效养分含量增长速度缓慢。

关键词: 中国科学院红壤生态实验站; 长期监测

中图分类号: S151.9+1

我国红壤地区水热、植被资源丰富, 但随着人口的不断增加和一系列非持续性发展因素的共同影响, 红壤地区正面临一系列重大的生态环境问题, 如水土流失、土壤肥力下降和季节性干旱频繁发生等, 致使粮食生产出现产量不稳和品质下降问题。红壤的退化已对全球变化、生态系统和环境产生了一系列的负面影响^[1]。

中国科学院红壤生态实验站(以下简称“红壤站”)于 1985 年在江西鹰潭建立, 2005 年成为国家野外科学观测站, 担负着南方红壤地区土壤、生物、水分和气象要素的长期监测任务。自 2004 年开始, 在中科院网络监测综合中心和水、土、气、生 4 个分中心指导下, 在该站区及周边设置了 39 个监测样地, 每年连续严格执行各项监测规范^[2]。近年来, 红壤站监测水平和能力一直位于各野外台站的前茅。据统计, 每年共采集和分析整理水、土、气、生各类数据约 30 Mb, 为典型红壤地区科研工作地开展以及国家层面制定农业发展规划提供了大量基础数据。

1 红壤站长期监测研究概况

1.1 水分要素监测

红壤站共建立了 24 个水分要素监测长期观测采样地(点), 包括水田、旱地综合观测场和气象观测场内土壤分层含水量监测, 旱地观测场地下水位和水质监测, 站区静止地表水、流动地表水、灌溉地表水、

潜水水质调查等水分监测工作。同时, 包括降雨雨水水质分析工作。2004 年开始, 补充增加了不同深度土壤水采样器 16 个。

每年水质分析的指标包括 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^{-} 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^{-} 、矿化度、电导率。同时, 降雨雨水水质数据每月由分中心统一分析后获得。

1.2 土壤要素监测

土壤监测是反映土壤质量和农业生产动态变化的窗口, 是摸清土壤承载力的重要途径。对土壤的动态与定位长期观测研究, 将是今后土壤学研究系统化的重要标志。由于土壤本身的复杂性和多变性, 只有通过长期定位观测, 才能了解土壤性质的动态变化本质^[3]。红壤站土壤要素监测主要包括红壤旱地和水稻田土壤要素变化观测。设置了 9 个土壤样品采集样地, 其中包括 2 个综合观测场(旱地+水田)(图 1)、3 个辅助观测场(旱地)和 4 个站区观测场(旱地+水田)。

1.3 气象要素监测

气象观测场占地 30 m², 主要观测仪器包括 MAWS301 系统和 E601 全自动水分蒸发仪器。每年可获得气象监测数据达 28 M 以上。2008 年, 红壤站与鹰潭气象局合作, 在站上长期实验区内设置农田小气候观测系统一套, 提高了农田气象数据的完整性。

气象观测数据指标包括: 空气温度、相对湿度、露点温度、气压、风向、风速、降雨、地表和土壤温

^①基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2014CB441003)、中国科学院战略性先导科技专项(XDB15030200)和江西省科技支撑计划项目(20132BBF60078)资助。

作者简介: 刘晓利(1979—), 女, 河北鹿泉人, 博士, 助理研究员, 主要从事长期监测以及数据整理和开发利用。E-mail: xlliu@issas.ac.cn



图1 红壤站旱地综合观测场和水田综合观测场

Fig. 1 Upland and paddy soil monitor fields in Ecological Experiment Station of Red Soil

度、太阳辐射等。每年的实时监测数据为科研项目以及当地统计部门提供了完善的各项指标数据,发挥了较大的数据服务功能。

1.4 生物要素监测

红壤站每年采集花生和水稻植株样 99 个,测定水稻(水田)和花生(旱地)的总生物量、茎叶、籽实、根系生物量以及植株其他的生理生态指标 30 多项。同时,对花生和水稻物候、产量因子等进行调查。监测分析和收集站区的生物要素指标 20 多项,每年产生数据 1 000 多个,并对站区典型农田的作物复种指数等多项指标进行了调查。

1.5 长期监测样品分析与质量控制

数据质量是监测的根本,也是台站监测持续发展的关键。红壤站通过全面实施监测分析规范,配合邀请南京土壤研究所资深分析专家到站指导,保证了监测数据质量。从 2009 年度开始,陆续制订了红壤站《土壤、生物、大气、水分监测规范与质量管理技术手册》(包括 4 个分册),根据红壤丘陵坡地和水稻田特征进一步规范了监测方法,提高了对监测数据的质量控制能力。

近年来,利用土壤数据校对分析软件对数据进行质量控制,大大提高了数据校正的效率和准确度,进而提高了野外台站的监测水平。根据监测系统综合评估的原则和要求,红壤站补充了水土流失长期试验数据 3.3 万个,2009—2013 年地方统计信息指标 30 余个,进一步完善了监测数据的内容。

1.6 长期监测仪器设备

长期监测数据的稳定获得依赖大量分析仪器的支持,为此红壤站配备了基本理化分析仪器,如天平、离心机、紫外分光光度仪、定氮仪等;为提高监测分析水平,还配备了大型分析仪器,如流动分析仪、原子吸收、激光光谱仪、土壤有机质仪等。根据野外监

测的特点,同时配备了大量野外观测仪器,如便携式光合作用仪、叶面积指数仪、中子仪等。建立相对集中的现代化实验室也是保障数据质量的重要措施之一^[4]。由此,红壤站也成立了理化分析室,承担了长期监测土壤、水分、植株样品的分析任务。另外,针对红壤铝毒研究和脱硅富铝过程方面的研究,自主开发了相应的样品消化系统,熟练掌握了土壤、植株全铝的测定方法,充分发挥了野外站的科研支撑平台作用。

2 红壤站监测样地设置与样品采集

2.1 监测样地概况

红壤地区农田生态系统主要包括旱地红壤和红壤发育的红壤性水稻土,以种植花生(旱地红壤)和单季稻(红壤性水稻土)为主。为此,红壤站在站区范围内分别设置了 2 个综合观测场水土生长期观测采样地,3 个红壤旱地辅助土生长期观测采样地,4 个站区调查点观测场。3 个辅助观测场主要包括农户常规管理模式、秸秆还田和不施肥模式长期观测场。4 个调查点分别包括 2 个旱地和 2 个水稻农户典型管理模式观测场。以上长期试验观测场地最早的建于 1998 年,最晚的建于 2004 年。

另外,在综合观测场附近设置了气象观测场,面积 30 m²,主要进行降雨、温度、湿度、风速、太阳辐射、地表蒸散等气象因素指标的连续动态观测。在站区还设置流动地表水、静止地表水、地下水(井水)长期观测采样点,共计 11 个。

2.2 监测样品的采集

每年采集每个监测样地土壤样品,采样时间为当季作物收获后,采集的土壤样本进行前处理,然后进行土壤理化性质的分析,包括土壤全量和速效氮、磷、钾含量等。

采集花生、水稻不同生育期植株样品,进行植株性状的观测和记录。作物收获期进行产量和作物的品质监测。烘干的植株样品进行全量养分指标分析。同时,调查记录生物物候期和生长动态。

水分样品的采集主要集中在降雨、地表水、地下水、静止水和流动水,以进行站区附近区域水分条件和水质情况监测和分析。另外,为了掌握土壤中不同深度水分变化规律,利用中子管水分监测仪器,对土壤 20、40、60、80、100 cm 深度的含水量进行连续观测,以分析红壤旱地和水田土壤的水分特征曲线,为研究红壤地区水肥耦合、水分管理提供基础数据。

2.3 长期监测数据的整理与分析

2.3.1 红壤旱地长期土壤养分变化 从 2005—2013 年 9 年的连续分析结果来看,红壤旱地土壤 pH 经历了几次较大的波动,2005—2007 年,土壤 pH 发生了较大幅度的降低,随后几年趋于平稳;2013 年土壤 pH 与 2005 年相比,降低了 0.35 单位,加大了土壤酸化程度。这可能是长期使用化肥导致的土壤酸化效应。有研究表明,连续施用化学氮肥 10~20 年,一些农田的耕层土壤 pH 下降幅度可超过 1.0 单位^[5]。

土壤有机质作为土壤肥力的有效指标,一直呈现平稳的提升趋势。红壤地区土壤退化导致了一系列重大生态环境问题。当前不同退化红壤旱地有机质测定结果显示,红壤旱地有机质最高为 10 g/kg,最低为 1.5 g/kg,平均为 (6.2 ± 2.6) g/kg。其中有机碳含量小于 8.7 g/kg 的约占 84%,小于 5.8 g/kg 约占 42%。保持和提高土壤有机质含量,是施肥的出发点和着力点,施用有机肥料是提高红壤旱地肥力的主要措施^[6]。

红壤地区的全磷养分匮乏,经过长期的施肥等农业措施未使土壤全磷含量得到显著提高,土壤速效磷含量增长趋势也较缓慢。研究表明,不同土壤中全磷和速效磷含量差别很大,但总的趋势是全磷含量越高,速效磷含量越高,土壤中磷的有效性越大^[7]。在无机磷含量较低的土壤上,适当增加有机肥的施入,使得磷素形态之间进行转换,有机磷矿化成为植物利用磷素的又一个重要来源。在南方磷素缺乏地区,单施化肥不利于提高南方红壤地区的磷肥利用率。由图 2 可以看出,土壤速效养分增加趋势缓慢,说明大量肥料的投入,并未真正有效地提高土壤中可供植物吸收的速效养分的含量,造成了肥料资源的浪费和环境的污染。

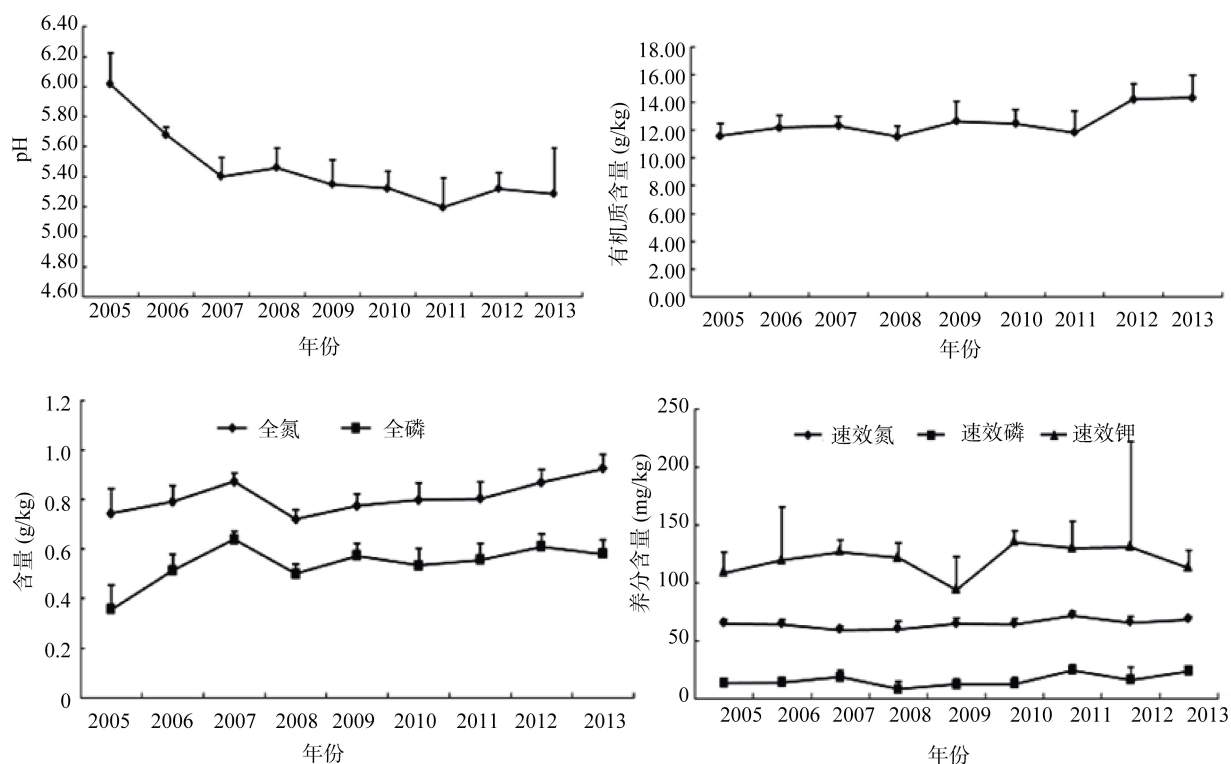


图 2 长期监测土壤 pH、有机质、全磷和速效磷含量变化

Fig. 2 Changes of soil pH and contents of organic matter, total phosphorus and available phosphorus

2.3.2 年度降雨量分析 从近 9 年的降雨量监测数据来看,年降雨总量平均值为 1 757.2 mm。在 2010 年

和 2012 年降雨量出现明显增加,降雨总量高于 2 000 mm。红壤地区降雨量呈现季节性变化,从 2011—

2013 年降雨量和蒸散量平均值(图 4)可以看出,降雨量主要以4—6 月份最大,而且 1—6 月的雨水总量相对较多,7—12 月的降雨总量较少。据统计,1—6 月份的雨水总量比7—12 月高 1.09 倍。地表蒸散量随着空气温度增加而增加,尤其是 7—9 月份的蒸散量最大,但是降雨量却较小。因此,这一时期,红壤地区土壤处于极为干旱状态,土壤出现季节性干旱问题。

2.3.3 生物产量分析 由图 5 可以看出,旱地花生产量总体呈现降低趋势。虽然保持每年种植和施肥模式一致,但作物产量并未呈现出一直升高的趋势。说明红壤

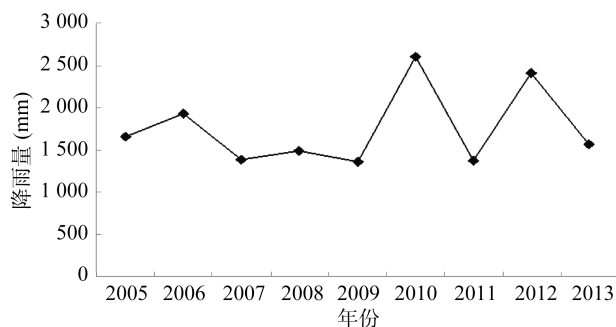


图 3 红壤地区不同年份降雨量变化

Fig. 3 Changes of precipitation in different years in red soil region

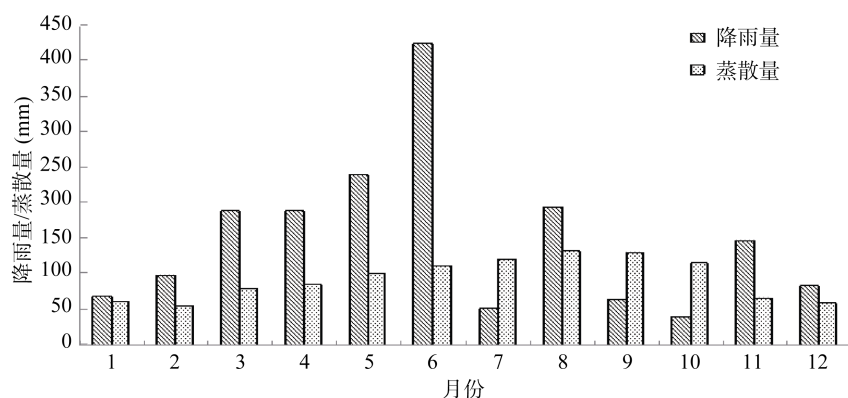


图 4 红壤地区不同月份降雨量及蒸散量

Fig. 4 Precipitations and evapotranspirations in different months in red soil region

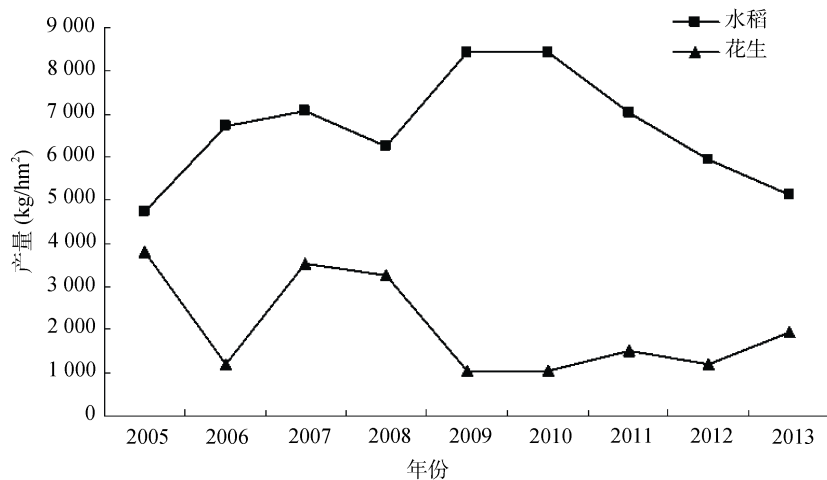


图 5 红壤地区作物产量年际变化

Fig. 5 Changes of crop yields in different years in red soil region

地区旱地花生连作障碍问题突出,严重影响了作物产量;另一方面,作物施肥模式和管理也有待于进一步提高。

3 红壤站长期监测研究的发展与展望

3.1 改进监测手段,提高监测效率

随着科技的发展,监测仪器设备以各种分析软件飞速更新。利用现代化手段和仪器快速对样品进行分

析,运用高效率的数据管理和其他应用软件,都将成为长期监测的发展趋势。目前,院“十二五”计划新购置的仪器设备基本到位。更新和新增仪器设备正在安装调试和试运行阶段,进一步补充了相关研究热点问题的监测仪器,丰富了红壤站观测内容和数据,为台站监测和科研方面的发展都奠定了良好的基础。地理信息系统(GIS)是在计算机硬件技术支持下采集、存储、管理、检索和综合分析各种地理空间数据,以

多种形式输出数据或图形产品的计算机系统。将 GIS 用于监测信息的管理,构建监测数据库,将大大提高数据信息管理的水平。

3.2 加强数据开发利用,提供科研服务和成果

大量监测数据的积累给我们提出了一个尖锐的问题,数据开发必须落实到行动上来。近 20 年的观测数据可在时间尺度上进行大量分析研究,探讨随着时间的推移,土壤肥力、作物产量、雨水条件和气候因子的变化规律,从而为当地农业生产和发展提供切实可行的耕作建议和管理方法。由于没有科研教学部门的直接介入,监测人员不能了解相关学科的最新动态,使监测中的大量信息无法进一步开发和利用等,造成了信息资源的极大浪费。因此,红壤站应加强监测数据与相关科研工作结合,深入探究红壤地区重点研究问题,促进长期研究结果与短期研究内容的有力结合,进一步提高台站科研成果的产出。

3.3 建立高素质监测队伍,提高监测水平,促进监测工作持续发展

野外台站长期监测工作是台站生存和发展的生命线,是一件需要长期坚持和努力的事业。长期监

测的内容不断完善和质量的不断提高是台站长期稳定发展的基础,而长期监测数据的开发利用则是台站得以提高的重点。建立一支高素质的监测队伍,除监测人员具有较高的敬业精神和业务素质外,还应建立不同层面的技术交流机制,以促进技术的更新,这是不可缺少的。

参考文献:

- [1] 何园球,孙波等.红壤质量演变与调控[M].北京:科学出版社,2008
- [2] 欧阳竹,孙波,刘健.《中国生态系统研究网络(CERN)长期观测规范》丛书[M].北京:中国环境科学出版社,2007
- [3] 赵其国.21 世纪土壤科学展望[J].地球科学进展,2001,16(5):704-709
- [4] 李昆.土壤监测信息系统建设初探[J].西南农业学报,2003,16(增刊):38-42
- [5] 孟红旗,刘景,徐明岗,吕家珑,周宝库,彭畅,石孝均,黄庆海,王伯仁.长期施肥下我国典型农田耕层土壤的 pH 演变[J].土壤学报,2013,50(6):1109-1116
- [6] 王伯仁,蔡泽江,李冬初.长期不同施肥对红壤旱地肥力的影响[J].水土保持学报,2010,24(3):85-88
- [7] 王永壮,陈欣,史奕.农田土壤中磷素有效性及影响因素[J].应用生态学报,2013,24(1):260-268

Progresses of Long-term Monitoring in Ecological Experiment Station of Red Soil, Chinese Academy of Sciences

LIU Xiao-li, SUN Bo, LIANG Yin, ZHOU Jing, ZONG Hai-hong, CHEN Ling
(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: For a series of problems in red soil, the indicator parameters of water, soil, meteorology and biology were monitored for a long time. Every year, the account of various types of analysis data was finished about 30 Mb. A large number of data provide support service for the long-term research and sustainable development of agriculture in red soil region. It showed soil pH decreased, the contents of soil total N, P and C increased, and the contents of soil available nutrients increased slowly.

Key words: Ecological Experiment Station of Red Soil, Chinese Academy of Sciences; Long-term monitoring