

红壤丘陵区农业土地利用对土壤肥力的影响及评价^{*}

秦 明 周

(河南大学城市 and 区域科学系 河南开封 475001)

提 要 为了解红壤丘陵区农业土地利用对土壤肥力的影响, 分析了 1980 年与 1994 年的土壤养分肥力变化特征, 揭示了土地利用对土壤肥力的影响。提出应针对红壤区的特点和具体条件, 调整和改善当前土地利用方式, 发展高效持续土地利用技术, 保持和提高土壤肥力。

关键词 红壤丘陵 土地利用 土壤肥力

分类号 《中图法》F301.2 S158.3

土地利用是人类干预土壤肥力最重要、最直接的活动。它通过不同的利用方式、不同物质的时空配置和循环, 干扰和调整土壤物质的生物地质循环过程, 改变原有土壤营养循环强度、总量及其路径, 从而使土壤供应作物的营养水平发生变化, 导致土壤肥力的变化^[1]。人们在利用土地过程中, 通过物质能量投放, 不断地改变和调控土壤肥力水平及其结构, 使土壤肥力经常变动, 以满足多样作物不同的生长需要。这种调控不仅造成当前土壤肥力的变动, 诱发作物产量及其品质的变化, 而且还影响土壤肥力的持续性。中国热带、亚热带的红壤因水热条件较好、生产潜力高且与全球变化关系密切倍受学术界注目^[2-3]。近几年, 热带土地利用中许多问题已被列入全球 21 世纪议程^[4]。鉴于此, 我们选择地处红壤区的广西南宁市, 广泛采集分析了可作对比研究的大量土壤剖面样品, 进行了相应的、不同时段土地利用调查, 取得了不同土地利用方式对土壤肥力影响的初步结果。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的选择与采集

根据对比要求, 土壤样品的采集时间确定在各种作物收获之后, 以充分反映土壤本身属性的变化; 同时, 为了便于说明土地利用前后土壤肥力的变化, 此次土壤样品点的设置严格参照 1980 年南宁市土壤普查的剖面点位, 按相应的土壤类型剖面点位分布图选采。样品采集深度一般为 0cm~20cm, 林地、园地为 0cm~60cm。

1.2 样品分析方法

为便于和以往的土壤普查资料对比, 土样分析采用相同的常规分析法。其中, 有机质采用重铬酸钾法, 全氮采用硒粉—硫酸铜—硫酸消化法, 水解氮采用碱解蒸馏法, 全钾采用火焰光度计法, 速效钾采用四苯硼钠比浊法, 全磷采用氢氧化钠碱熔—钼锑抗比色法。

^{*}国家自然科学基金(4977104)和国家“八五”攻关课题(85—009—01—11)资助项目; 承蒙导师赵其国院士审阅全文, 专此致谢。

2 结果

2.1 土壤肥力呈下降趋势

1994 年采样分析结果与 1980 年土壤普查结果比较, 10 多年来南宁市土壤肥力总体水平处于下降状态(表 1); 即近期土地利用造成了土壤肥力退化。但是, 各肥力要素的下降程度差别很大, 其中以全氮下降最多(—16.7%), 其次是速效钾与有机质, 而全磷则上升了 31.1%。

由于土地利用方式间养分循环和平衡上的差别, 土壤养分肥力退化程度在不同的利用类型间有明显差异。其中耕地的肥力退化严重; 耕地中又以旱地肥力下降最为突出。林地的砍伐和开垦也会造成土壤肥力的下降(表 2)。这个结论与中国南方土壤肥力演化研究结果相符^[5-9]。

2.2 水田、旱地养成分肥力退化较大

水田和旱地是南宁市土地利用的主要类型, 其土壤养分除全磷含量有明显增加外, 其余各项则处于下降状态, 且旱地肥力下降幅度大于水田。这可能与磷肥施用后作物需量少、且易被固定有关。因此, 磷肥每年用量少, 土壤中含量却上升; 不过, 也有部分旱地因经营粗放(不施或少施磷肥), 或改为水田后, 土壤磷素降低现象, 如九塘乡那井村旱地, 磷含量减少 0.10g/kg。

表 1 南宁市土壤养分肥力指标变化趋势¹⁾(1980~1994)(g/kg)
Table 1 Trend of change in principle indictors of soil nutrient fertility in Nanning municipality (1980~1994)(g/kg)

时间(a)	有机质	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效钾
A1980	20.816	1.353	0.677	14.48	106.9	91.0
B1994	19.653	1.127	0.982	14.04	104.6	78.1
B-A	-1.163	-0.226	+0.105	-0.44	-2.3	-12.9
(B-A)/A%	-5.6	-16.7	+31.1	-3.04	-2.1	-14.18

1)1980 年资料来源于南宁市属各县区土壤普查报告; 1994 年采样数目为 52 个, 有机质、速效钾由南京大学土壤分析室高翔帮助分析, 其它由南京土壤所分析。

表 2 南宁市不同土地利用方式对土壤肥力的影响¹⁾

Table 2 Impact caused by different land use on soil nutrient fertility in Nanning municipality

时间 (a)	耕 地						林 地		园 地				菜 地	
	水 田			旱 地					新垦		挂果期			
	O. M. g/kg	速氮 mg/kg	全氮 g/kg	O. M. g/kg	速氮 mg/kg	全氮 g/kg	速氮 mg/kg	全氮 g/kg	速氮 mg/kg	全氮 g/kg	全氮 g/kg	速氮 mg/kg	速氮 mg/kg	全氮 mg/kg
A1980	31.6	91.0	8.3	0.30	60.0	0.67	0.60	17.3	0.67	18.3	0.64	0.65	2.80	1.80
B1994	33.3	74.1	0.71	0.35	27.5	0.41	0.72	18.3	0.61	17.4	0.31	0.54	2.86	1.49
B~A	+1.9	-16.9	-0.20	-1.1	0.05	-32.5	-0.26	+0.12	+1.0	-0.06	-0.9	-0.33	-0.11	-0.06

1)1980 年资料来源于南宁市属各县区土壤普查报告; 1994 年采样数目为 52 个, 有机质、速效钾由南京大学土壤分析室高翔帮助分析, 其它由南京土壤所分析。

2.3 林地、园地开发利用初期肥力退化明显

林地、园地开发利用初期对原地表土层扰动很大, 同时幼树的生物归还量较小, 果树管理施肥集中于下部, 表层较少施肥, 因而土壤表层结构受到破坏后, 肥力得不到及时补充, 造成新开垦园土壤肥力下降。水田改作香蕉(草本园地)或旱地改作菠萝(草本园地), 由于轻视施肥, 园地肥力比原耕地肥力减少。然而, 木本果树进入中龄林或挂果期之后, 由于生物生长量及归还量增大, 尤其在合理的人工管理和有效的物质投入的不断增加情况下, 有机质、氮、磷等养分含量则明显增加, 土壤肥力水平得以提高(表 3)。

2.4 不同利用方式(施肥结构)间养分肥力变化差异明显

不同利用方式有各自的施肥结构, 从而对土壤肥力的补充水平和结构产生不同的效果(表 4)。

表 3 南宁市林地园地土壤养分肥力变化态势(g/kg)

Table 3 Trend of soil nutrient fertility change in forest land and garden land in Nanning municipality (g/kg)

用地类型	时 间	有机质	全 磷	全 氮	说 明
杉木林地	1980 年	17.3	0.23	0.67	幼龄林
杉木林地	1994 年	18.3	0.59	0.78	中龄林
水 田	1980 年	18.3	—	0.64	水稻田
园 地	1994 年	16.4	0.11	0.43	香蕉挂果
林 地	1980 年	26.2	0.25	0.79	疏林地
园 地	1994 年	28.0	1.10	0.82	新栽桂圆

表 4 不同土地利用在不同施肥条件¹⁾下的土壤养分肥力变化
Table 4 Change in soil nutrient fertility under different land use and fertilization(kg)pattern

时间 (a)	菜 地		水 田		旱 地		混 作	
	双稻+绿肥		玉米+木薯		甘蔗+其它			
	农家肥 (1250)	化肥 (70)	农家肥 (200)	化肥 (40)	农家肥 (550)	化肥 (25)	农家肥 (350)	化肥 (36)
	SOC ²⁾	TN ³⁾	SOC	TN	SOC	TN	SOC	TN
1980(A)	32.6	1.12	31.6	0.96	8.3	0.67	15.5	0.72
1994(B)	40.1	1.34	34.5	1.02	7.2	0.52	13.8	0.63
B~A	+7.5	0.22	+2.9	0.06	-1.1	-0.15	-0.17	0.09

1)表中括弧内数据为施肥水平, 单位为 kg/0.067hm²;
2)SOC 土壤有机质含量 g/kg;
3)TN 土壤全氮含量 g/kg, 肥料用量据 1992~1993 年抽样调查计算。

3 土壤养分肥力变化的评价

3.1 过程与机制分析

根据系统论原理, 土壤肥力系统包括了输入、反馈调节、输出等过程, 土地利用则是影响土壤肥力系统的主要外部环境因素, 是土壤肥力系统过程的外部客观体现, 它一方面通过人工物能投入、产品收获完成对土壤肥力系统的输入、输出; 一方面通过改变自身的结构组分的变化调整或接受来自土地利用的外部反馈作用。因此, 土壤肥力的变化可以利用系统分析的方法进行模拟, 但已有研究多从不同侧面建立单一元素变化的过程函数, 不能正确、全面反映土壤肥力系统的状态变化^[8]。所以, 依据物理和化学的基本原理, 遵循能量守恒定律, 可以模拟土地利用诱发的土壤肥力的状态变化。

3.2 函数模拟及其评价

土壤肥力作为土壤供养植物的能力, 是土壤系统在肥料的投入 (ITF)、系统产出 (PTF) 及其自然 (母质) 肥力与大气降水等共同作用下, 土壤系统内部反馈和调整、养分淋溶、固定等物理化学循环过程的结果。它的变化也只是土壤系统演替过程的一种状态变化, 因此, 土壤肥力是一种状态函数。

依据前述及能量守恒定律, 土壤肥力总量 (TF) 以方程式表示为

$$TF = ITF - PTF + BJZ \tag{1}$$

相对于十几年的人类活动而言, 土壤自然 (母质) 肥力和其它自然肥料的补充以及土壤淋溶 (BJZ) 是基本稳定的, 即 BJZ 基本不变。则土壤总体肥力变化速率 ΔTF 为

$$\Delta TF = \partial (ITF - PTF) / \partial T \tag{2}$$

由此, 按照植物产量和土壤养分水平可以求得土壤肥力水平函数 (FI) 为

$$FI = \int_0^T \Delta TF / AE \tag{3}$$

式中 AE 为区域面积。

依据 1980 年和 1994 年南宁市耕地所产各种农作物产量及其人工肥投入量等, 按照有关标准进行肥料折纯计算, 得出 1980 年、1994 年农作物和施肥等对土壤肥力系统养分输入输出量; 并依照当年河流的输沙量及其肥料含量, 计算土壤肥力系统的肥料流失输出量 (表 5)。然后, 以 1980 年为基年、1994 年为测试终年, 将有关结果分别代入 (3) 式, 则 1980 年和 1994 年南宁市耕地土壤肥力水平 (FI) 分别为 5.2107 和 4.8200, 表现为下降趋势。

1994 年耕地的物质消耗费用已增加到 38 994 万元, 按照南宁市典型农户耕地投入调查, 1994 年用于改善农田肥力的直接物质投入占总物质费用的 80%, 扣除物价上涨因素, 1994 年比 1980 年此项费用增加 9.6%。由此说明土壤肥力的下降直接引发了土地利用中不合理的利用方式, 尤其是物质投入结构及其方法。结合红壤区的特点, 提倡可持续的土地利用方式, 增施绿肥、农家肥, 推广配方施肥, 复合

农业技术,因地制宜合理耕作,整修坑塘、水库和灌溉渠道,保持水土,恢复和保护土壤肥力系统的循环平衡功能,以改善土壤肥力结构,促使土壤肥力的稳步提高。

表 5 南宁市土壤肥力的输入输出计算表(耕地)¹⁾

Table 5 Calculation of input and output of soil nutrient fertility in Nanning municipality (cropland)

时间 (a)	耕地面积 × 10 ³ hm ²	输入肥料量 × 10 ⁴ T		输出肥料量 × 10 ⁴ T		土壤肥力总量 × 10 ⁴ T
		化肥	其它	作物	流失	
1980	169.8	16.68	142.05	66.57	3.676	88.484
1994	167.6	23.02	137.68	75.55	3.432	80.716

1)肥料计算标准采用 Modern Agriculture Fertilization, China Program, Leaflets NO. 1995;流失量参考秦明周博士论文计算方法计算;输入肥料根据南宁调查资料计算。

参 考 文 献

[1] 赵其国. 现代土壤学与农业持续发展. 土壤学报, 1996. 9(1): 1~12.

[2] Zhao Qiguo. Land degradation and improvment; Population, The Complex Reality. The Royal Society, North American Press. 1994. 137.

[3] Zhao Qiguo et al. Agriculture, land use and degradation; Anagenda of Science for 21st Century. Cambridge, CUP. 1991. 18.

[4] Wani, S. P., W. B. McGill, K. L. Haugen-Kozyura, et al. Improved soil quality and barley yields with fababeans, manure, forages and crop rotation on a Gray Luvisol. Can. J. Soil Sci. 1994. 74: 75~84.

[5] 中科院红壤生态站编. 红壤生态系统研究(第三集). 北京: 中国农业科技出版社, 1995, 17~46.

[6] 何电源主编. 中国南方土壤肥力与栽培植物施肥. 北京: 科学出版社, 1994, 35.

[7] 李保国. 土壤变化及其过程的定量化. 土壤学进展, 1995, 23(2): 33~42.

作者简介 秦明周, 男, 33 岁, 博士, 副教授. 1995 年获南京大学博士学位, 1997—08 中科院土壤所博士后出站. 主要研究方向为土地利用规划和管理. 1989~1995 年先后主持完成多项课题, 3 次获得省部级科研奖励, 发表论文 10 多篇, 出版专著 1 本. 目前, 主要负责中美印三国合作项目“人口增长与土地质量变化之间的相互作用”; 主持国家自然科学基金项目“城郊土地利用变化和土壤质量变化的相互作用”。

ASSESSMET ON INFLUENCE OF AGRICULTURAL
LAND USE ON SOIL NUTRIENT FERTILITY
IN RED SOIL HILLS REGION

QIN Ming-zhou

(Department of Region & Urban Sciences, Henan University, Kaifeng 475001)

Abstract

In this paper, system theory and quantitative analysis method are applied to the approach of soil nutrient fertility changes caused by different land utilization in South China. Nanning municipality located in red soil region was taken as a study case, the time from 1980

to 1994 was for study period, general soil survey in 1980 and detailed investigation data of land use in 1992 were considered as basic data to analysis. Then according to the statistics methods, analysis of soil samples collected in 1994 and investigation of changes of land use input/output and land use were also carried out. In addition, the input and output in land uses were investigated in detail. With the index of soil nutrient fertility level compared with the input and output in land uses were investigated in detail. With the index of soil nutrient fertility level compared with the soil nutrient fertility of 1980, it decreased by 10% in 1994 generally, in which the available K in the most one that decreased up to 14.17%. Almost all of soil nutrient fertility indexes of cultivated land especially upland decreased, but the decreases of soil fertility in forest and fruits garden land aren't remarkable. According to this characteristics and conditions of red soil, current land utilization patterns must be regulated and improved. It is necessary to adopt high-efficient sustainable land use techniques such as agroforestry to maintain and increase soil fertility, and the sustainability of agricultural ecosystem.

Key words red hills, land use, soil fertility