

文章编号: 1008—2786(2000)02—0161—05

金衢盆地退化红砂土在不同利用方式下肥力逆转特征

章明奎

(浙江大学 环境资源学院土化系 浙江 杭州 310029)

摘 要: 以浙江省金衢盆地为例, 探讨了我国南方山间盆地广泛分布的退化红砂土的特征, 研究了退化红砂土在人为参与下土壤肥力的逆转及其与利用方式的关系, 分析了各种利用方式下红砂土肥力性质的演变特征。

关键词: 退化红砂土; 肥力逆转; 土地利用; 金衢盆地

中图分类号: S158. 5, S166. 6 文献标识码: A

红砂土(普通红色正常新成土)的成土母岩为红色岩层, 广泛分布于我国南方各盆地, 浙江金衢盆地内尤为集中, 仅衢江两岸就超过 2 万 $\text{hm}^{2[1]}$ 。长期以来, 由于自然植被的破坏, 红层经受了强烈的流水切割, 侵蚀严重, 多数已成为不毛之地。这些土壤具有强酸、养分贫乏、砂性强、保蓄力弱、结持力弱和易旱等严重缺点, 利用难度大。由于红砂土的成土母岩(红砂岩)酸性强、矿质养分很低, 半风化物抗蚀性很弱, 植物很难生长, 因此这些土壤肥力很难通过自然来恢复, 在暴雨的作用下, 使这些地区土壤成为名符其实的红色沙漠的光板地。据报道^[2~3], 不同利用方式, 由于管理水平、物质投入的差异, 直接影响土壤肥力状况和土壤肥力的演变。为了了解红砂土在人为利用下的肥力逆转, 本文比较了几种利用方式下红砂土肥力变化的特点。

1 退化红砂土的特点

对金衢盆地退化红砂土的多点观测表明, 退化红砂土区土壤侵蚀严重, 侵蚀模数一般 $> 600 \text{ t/km}^2$, 最高在 $5\,000 \text{ t/km}^2$ 以上; 地面切割裂度在 $35\% \sim 70\%$; 沟道密度为 $3 \text{ km/km}^2 \sim 5 \text{ km/km}^2$, 土层薄, 红层(基岩)出露面积约 30% , 土壤呈现明显的砂化和岩性化, 土体构型为 A—C, 由于该类土壤结持力很弱, 一遇暴雨, 泥砂俱下。据测定, 退化红砂土粘粒含量在 $5.3\% \sim 12.4\%$, 砂粒含量 $> 70\%$, 水稳定性团聚体为 $3.6\% \sim 14.7\%$, 有机质 $< 6.9 \text{ g/kg}$, 全磷 $< 0.3 \text{ g/kg}$, 速效磷 $< 6.7 \text{ mg/kg}$ (大部分 $< 4.5 \text{ mg/kg}$), 全氮 $< 0.27 \text{ g/kg}$, 速效钾 $< 70 \text{ mg/kg}$, 盐基饱和度 $8\% \sim 36\%$, 交换性酸 $4.1 \text{ cmol}(+)/\text{kg} \sim 7.8 \text{ cmol}(+)/\text{kg}$, $\text{pH} 4.2 \sim 5.5$ 。土壤养分等性质与母岩很接近。由于酸度大、养分低、缺少水分, 这些土壤处于荒芜状态, 自然植被很难生长, 植被覆盖率 $< 5\%$ 。这些退化红砂土抵抗侵蚀的能力很弱, 退化非常严重, 仅靠自然封山育林的方法恢复几乎不可能的, 必须依赖人类的参与, 在建立保护性农业措施的基础上, 采用生物措施与工程相结合进行培肥, 使这些土壤边改良边利用, 既防止了水土流失, 也促进

收稿日期: 1999—06—30, 改回日期: 1999—12—28
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49601013)
作者简介: 章明奎(1964—), 男(汉族), 浙江省绍兴市人。副教授, 1991 年获原浙江农业大学博士学位, 1996 年在英国麦考莱土地利用研究所访问研究。主要从事土壤地理与土地资源的教学和科研工作, 发表论文 50 余篇

了农业的发展。

2 改良利用方式及研究方法

研究区位于浙江省衢州市龙游县夏金、上圩头和兰塘等乡。在 1997 年的调查基础上,选择有一定保护措施,利用较好、多种利用方式分布较为集中的区域采集了不同利用年限的林地、旱地、果园(柑桔)、茶园和水田等系列的土壤样品,并以当地荒地(退化)红砂土作为对照。同一时间系列的土样均在小范围内采集,研究土样均为表层土样,为了便于比较,采样深度统一为 0 cm~15 cm,采样时间均为 11 月,系多点(10~20 点)的混合样,其中果园采样点仅限于果树直径 0.6 m 的范围内。据调查,各种利用方式的平均施肥情况如下:林地(马尾松)除植苗木时施用少量有机肥外,基本上无其它物质投入,管理粗放;旱地系列 1 等高种植,在开垦后 1~2 年,每公顷施用有机肥 15 t~30 t,石灰 750 kg~1 500 kg,以后每年每公顷投入的有机肥约 15 t,纯 P 12.5 kg,纯 N 75 kg~100 kg,纯 K 13.3 kg;旱地系列 2 等高种植,在开垦后 1~3 年,每公顷施有机肥 30 t~45 t,石灰 1 500 kg,以后每年每公顷有机肥施用量约 15 t,纯 P 14.0 kg,纯 N 100 kg,纯 K 18.8 kg;果园等高种植,第一年开垦深翻时,每公顷填料有机肥 10 t~25 t,纯 N 200 kg~350 kg,纯 P 36.0 kg,纯 K 35.0 kg;茶园等高种植,在开垦 1~2 年,每公顷施有机肥 25 t, P 26.0 kg,第 3~4 年每公顷施有机肥 15 t~30 t,以后不再施用有机肥,常年每公顷施 N 150~200 kg,纯 P 24.0 kg,纯 K 24.5 kg;水田在经平整改田第 1 年每公顷施有机肥 30~75 t,纯 P 39.0 kg,施石灰 1 500 kg~2 250 kg,第 2~3 年每公顷施有机肥 15 t,以后每年约有 1/3~1/2 的秸秆还田,冬季绿肥全部还田,常年每公顷施纯 N 200 kg~400 kg,纯 P 25.5 kg,纯 K 28.4 kg,种植制度以肥一稻一稻为主,部分年份为肥一稻一玉米。总的看来,物质投入量变化为:水田、果园>旱地>果园>林地。

土壤分析采用常规法^[9],其中有机质采用重铬酸钾加热氧化法,全氮采用硒粉—硫酸铜—硫酸消化法,水解氮采用碱解扩散法,全钾和全磷采用氢氧化钠碱融,速效钾用醋酸铵提取,土壤速效磷用 0.5 mol/L⁻¹NaHCO₃ 提取,钾用原子吸收法测定,磷用比色法测定;颗粒组成用常规比重计法测定,水稳定性团聚体用干土湿筛法测定,阳离子交换量用 NH₄OAc 淋洗法测定。

土壤肥力综合变化用欧氏平均距离法计算: $di=((X_{ik}-X_{ok})^2)^{1/2}$,式中 di 为某一利用方式下利用 i 年后与利用前的平均欧氏距离; X_{ik} 为某一利用方式下利用第 i 年 k 性质的极差标准化值; X_{ok} 为未利用前 K 性质的极差标准化值。极差标准化值用下式计算: $X_{ik}=(P_{ik}-P_{kmin})/(P_{kmax}-P_{kmin})$,式中 P_{kmax} 为所有土样中 K 性质的最大值; P_{kmin} 为所有土样中 K 性质的最小值。

3. 不同利用过程中红砂土肥力的变化

3.1 林地

荒地种植马尾松后,红砂土中>0.25 mm 的水稳定性团聚体有明显增加(表 1),<0.002 mm 粘粒也有一定的增加,这表明荒地砂土植树后,增加了地表的覆盖度(据观察,随着植树时间的增加,林地地表苔藓的覆盖度也增加了),减少了土壤的侵蚀,物理和化学风化的结果导致土壤粘粒的增加,促进了水稳定性团聚体的形成。植树后,土壤有机质和全氮及水解氮随时间也有轻微的增加。但由于植树后,基本无物质投入,接近于自然恢复,因此土壤的磷素、钾素及 C/N 比、交换性酸、pH、盐基饱和度变化很小,与荒地相似。

3.2 旱地和果园

表 1 所示,荒地红砂土种植旱作后,由于增加了地表植被覆盖时间和采用等高种植,使土壤侵蚀有所减弱,促进了风化产生的粘粒积累,随着物质的投入和利用时间的增加,土壤肥力因素已有较大的改善,主要表现在:>0.25 mm 水稳定性团聚体增加,有机质、全氮、全钾、速效磷、水解氮、速效钾等均有一

定的提高, 而土壤的酸度下降, pH 和盐基饱和度增加, 全钾也有增加的趋势, 但 C/N 比则逐渐下降。从表 1 可知, 由于物质投入量的差别, 不同地区旱地肥力变化速率也有较大的差别, 上圩头乡(旱地系列 2) 由于物质投入量较大, 其养分增加速率比夏金乡(旱地系列 1) 快。果园红砂土的肥力与旱地相似, 但速效磷的增加幅度比旱地大, 这与果园中磷肥施用量较高有关。

3.3 茶园

植茶后, 红砂土肥力也有较大的改变, 有机质及氮、磷、钾养分均有较大幅度的提高, 但 C/N 比变化不大, 土壤酸度却有增加的趋势。

表 1 不同利用方式下土壤性质随时间的变化
Table 1 Changes of soil properties with time in different land use pattern

利用方式	林地					旱地 1					旱地 2					果园					茶园					水田				
采样地点	浙江龙游 兰塘乡					浙江龙游 夏金乡					浙江龙游 上圩头乡					浙江龙游 夏金乡					浙江龙游 上圩头乡					浙江龙游 夏金乡				
1	0	7	15	25	0	2	8	16	30	70	0	4	13	40	0	2	6	14	25	0	6	15	30	0	5	16	30			
2	11.3	17.6	21.4	23.4	8.9	10.3	15.4	19.7	25.9	23.8	12.4	22.6	28.7	36.4	11.0	10.1	22.3	28.4	30.4	10.8	21.5	30.4	36.6	13.6	12.4	34.7	40.5			
3	9.9	9.7	12.0	12.7	9.7	11.6	13.7	12.8	13.1	13.6	10.3	10.1	12.7	11.9	10.3	11.3	11.0	12.6	13.2	9.7	11.7	11.4	12.3	12.3	13.2	14.5	13.6			
4	4.8	5.5	6.8	6.7	3.8	4.9	5.3	8.4	8.8	8.7	3.6	5.6	10.2	13.6	4.8	6.9	8.7	9.9	10.6	5.5	10.2	15.3	22.6	6.6	10.8	21.3	24.6			
5	0.19	0.18	0.19	0.22	0.21	0.32	0.39	0.42	0.46	0.57	0.28	0.37	0.51	0.69	0.17	0.23	0.37	0.44	0.53	0.21	0.36	0.48	0.54	0.27	0.33	0.35	0.48			
6	4.3	3.7	4.5	5.3	4.5	8.8	10.3	10.7	13.4	16.7	4.3	7.6	12.4	15.8	4.4	10.9	17.4	28.1	35.3	5.3	11.7	28.7	31.7	6.6	7.9	7.8	15.7			
7	0.20	0.23	0.30	0.29	0.16	0.25	0.27	0.48	0.48	0.51	0.15	0.28	0.55	0.62	0.20	0.32	0.40	0.50	0.50	0.23	0.48	0.69	0.99	0.26	0.60	1.15	1.29			
8	23	37	46	53	31	44	66	65	66	73	33	63	97	117	53	43	66	76	83	38	77	103	136	49	73	91	109			
9	16.7	16.6	16.8	15.9	15.2	14.9	14.9	15.3	15.4	15.6	13.4	12.3	13.8	13.6	19.7	18.3	20.3	20.0	21.3	14.6	15.3	14.9	15.5	14.8	13.2	13.5	12.1			
10	59	53	66	58	48	67	76	83	80	94	43	86	117	108	68	79	87	98	118	61	101	127	146	48	50	53	67			
11	13.9	13.9	13.1	13.3	13.8	11.4	11.5	10.2	10.6	9.8	14.1	11.7	10.8	9.6	14.1	12.3	12.6	11.5	12.3	13.6	12.4	12.9	13.3	14.4	10.4	10.7	11.0			
12	5.03	5.00	5.53	5.49	5.03	4.11	2.78	2.03	2.15	1.67	4.66	3.21	2.17	2.08	4.93	3.03	2.98	2.83	2.84	4.42	4.91	4.78	4.87	4.67	2.78	1.36	1.08			
13	7.66	7.77	7.69	7.83	7.62	7.83	7.76	7.45	7.72	7.96	7.92	6.92	7.62	7.58	7.79	7.31	7.08	7.45	7.28	7.35	6.13	6.37	6.58	6.54	6.55	6.45	6.88			
14	34	36	28	30	34	48	64	73	72	79	33	58	71	73	31	57	60	61	61	28	23	27	26	29	57	80	85			
15	5.0	5.2	4.9	5.0	5.1	5.4	6.0	6.3	6.4	6.4	5.3	5.7	6.0	6.2	5.5	5.8	5.7	5.9	6.0	5.1	5.0	5.1	4.8	4.7	5.5	5.6	5.8			

注: 1. 利用时间(a); 2. > 0.25 mm 团聚体(%); 3. 粘粒(%); 4. 有机质(g/kg); 5. 全 P(g/kg); 6. 速效 P(mg/kg); 7. 全 N(g/kg); 8. 水解 N (mg/kg); 9. 全 KO (g/kg); 10. 速效 K₂O (mg/kg); 11. C/N; 12. 交换性 酸度 [cmol (+) / kg]; 13 CEC [cmol (+) / kg] (%); 14 盐基饱和度 (%); 15. PH (H₂O)。

3.4 水田

红砂土改田后, 土壤水稳定性团聚体、有机质、全磷、全氮、水解氮均有较大幅度的提高, 速效磷和速效钾也有一定的上升, C/N 比趋向降低并稳定在 10~11 间, 酸度明显下降。

从表 1 可知, 各种肥力因素随利用时间的变化有一定的差别。水稳定性团聚体含量、有机质含量及全氮随利用时间的增加呈抛物线型变化并逐渐趋向稳定, 但利用方式不同, 其趋向稳定所需时间也不一致, 如水稳定性团聚趋向稳定的时间为 25 a~30 a; 有机质趋向稳定时间: 林地约为 15 a, 旱地约为 30 a, 果园、茶园和水田约为 25 a, 这表明各利用系统中, 当利用时间为 15 a~30 a 左右时, 有机物质积累与分解速率基本接近; 而全磷、有效磷、有效钾随利用时间的增加呈鲜明的趋势性, 即随着利用时间的增加, 磷肥和钾肥的不断投入, 其含量不断增加, 尤其是磷的这种趋势性特别明显, 显示了这些养分的积累性。粘粒含量随利用时间虽有呈增加的趋势(与风化产生粘粒有关), 但变化幅度较小, 且有一定的波动。C/N 比随时间的变化趋势与利用方式有关, 林地和茶园中基本不变, 但旱地、果园和水田中却呈下降的趋势, 并逐渐稳定, 旱地稳定在 9.7 左右, 果园稳定在 12 左右, 水田稳定在 10~11。酸度的变化趋势也与利用有关, 林地基本不变, 茶园土壤酸度随利用时间有增加的趋势, 而旱地、果园和水田的酸度却随利用时间的增加而下降, 并在利用初期下降最为明显, 这与石灰施用的数量及时间有关。阳离子交换量虽有变异, 但趋势性不明显。植稻后全磷含量有一定轻微的下降, 其它利用方式变化不大或呈轻微上升。

4 利用方式对红砂土养分变化速率的影响

表 2 为不同利用方式下有机质、全磷、全氮、速效磷、速效钾和水解氮达到稳定前的平均变化速率。

表 2 达到稳定前土壤肥力因素的变化速率

Table 2 Change rates of soil fertility factors before steady state

利用方式	有机质 g/(kg·a)	全 N g/(kg·a)	全 P g/(kg·a)	速效 P mg/(kg·a)	速效 K mg/(kg·a)	水解 N mg/(kg·a)
林地	0.13	0.0067	0.0012	0.04	0.47	1.20
旱地(系列 1)	0.16	0.0107	0.0051	0.17	0.66	1.17
旱地(系列 2)	0.25	0.0118	0.0102	0.29	1.63	2.10
果园	0.23	0.0214	0.0144	1.24	2.00	1.20
茶园	0.57	0.0253	0.0110	0.88	2.83	3.27
水田	0.60	0.0343	0.0070	0.30	0.63	2.00

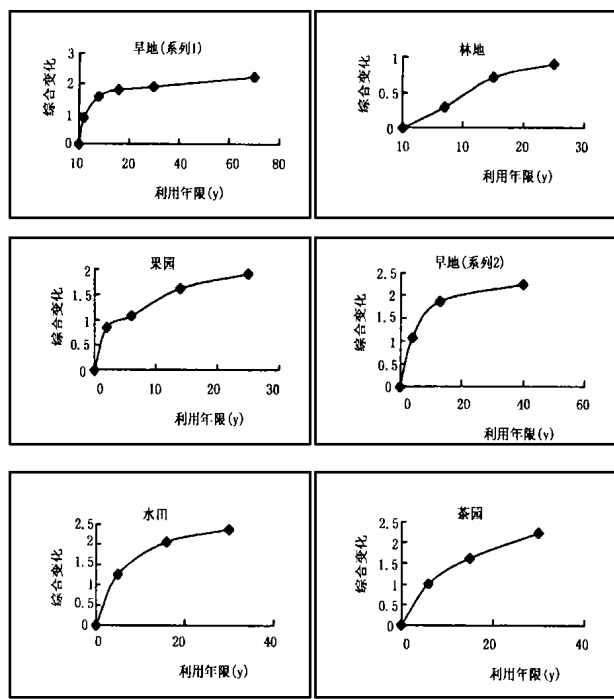


图 1 利用过程中土壤性质的综合变化

Fig. 1 Comprehensive changes of soil properties in duration of landuse (图 1), 各种利用方式下红砂土的综合肥力变化: 水田> 旱地> 果园、茶园> 林地。变化速度在利用初期较快, 以后逐渐变慢。

从表中可以看出, 有机质积累速率: 水田> 茶园> 果园、旱地> 林地, 林地最小, 说明在无人投入有机物质的条件下, 红砂土自然有机物质积累的速度很慢; 全氮的积累速度: 水田> 茶园> 旱地> 林地, 与有机质的积累速度基本一致; 磷素(全磷和速效磷)的积累速度: 果园> 茶园> 旱地、水田> 林地, 这与磷肥施用量有关; 水解氮增加速度: 茶园> 水田> 果园、旱地> 林地; 速效钾的增加速度: 茶园> 果园> 旱地> 水田> 林地。可见不同肥力因素变化的速度有一定的差异, 主要受物质投入的控制, 如林地基本上无物质投入, 因此各种肥力因素的变化均较慢。

从以上分析可知, 各种红砂土经利用后, 各种肥力性状均有不同程度的变化, 为了表达红砂土的各种利用下肥力的综合变化, 我们对表 1 中 14 个肥力因素数值用极差法标准化后, 计算了不同利用时间与利用年限为零(荒地对照)之间的平均欧氏距

离代表土壤肥力的综合变化。结果表明

参考文献:

[1] 俞震豫主编. 浙江土壤[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1994
[2] 秦明周. 红壤丘陵区农业利用对土壤肥力的养分影响及评价[J]. 山地学报, 1999, 17(1): 71~75

- [3] 章明奎. 红壤肥力复退与土地利用方式的关系[A]. 见冯光主编. 土地资源持续利用与信息技术[C]. 北京: 中国大地出版社, 1998, 176 ~ 180
- [4] Blum W. E. H. Soil resilience: general approaches and definition[Z]. Symposia on 15th Inter. Congr. Soil Sci. 1994, V2a: 233 ~ 237
- [5] Lal R. Landuse and soil resilience[Z]. Symposia on 15th Inter. Congr. Soil Sci. 1994, V2a: 233 ~ 237
- [6] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科技出版社, 1978

SOIL FERTILITY RESTORATION CHARACTERISTICS OF DEGRADED RED SANDSTONE SOILS IN THE JINQU BASIN UNDER DIFFERENT LAND USE SYSTEMS

ZHANG Ming kui

(*Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou 310029*)

Abstract: Red sandstone soils are derived from red sandstone rock, and distributed widely in many basins in tropical and subtropical regions of China. The long term irrational utilization and management, together with the harsh climatic conditions and the inherent fragility of the basin ecosystems, have caused severe degradation of the red sandstone soils, characterized by high acidity, low nutrients, and disturbed unbalanced ecosystem. In order to ameliorate degraded red sandstone soils and to restore their productivity, different patterns of land use have been tested to examine their effect on soil fertility evolution. The objectives of this paper are to evaluate the relationship between the soil fertility restoration and land use, and to explore effective ways to restore the degraded red sandstone soils.

The result shows that the rate of the soil fertility restoration of degraded red sandstone soil varied considerably with land use patterns because of different input of nutrients, and organic matter, thus determining the rate and direction of soil fertility evaluation. Rational land use with appropriate input could improve soil fertility. The restoration rate of degraded red sandstone soils under different land use pattern was decreased in the order of paddy field > upland > fruit garden and tea garden > forestland. The soil fertility is attained the most quickly when the soils have been used as paddy field and soil fertility is restored the most slowly if the soil is used as forestland and no nutrients and energy are input.

key Words: degraded red sandstone soil; restoration of soil fertility; land use; Jinqu basin