

广西红壤果园土壤肥力退化研究

江泽普 韦广泼 蒙炎成 谭宏伟 刘斌 黄玉溢

(广西农业科学院土壤肥料研究所 南宁 530007)

摘要 根据广西第2次土壤普查资料,对广西柑桔、荔枝、龙眼和芒果4种果园土壤肥力状况进行调查。结果表明:广西红壤果园土壤环境恶化,主要表现在果园土壤普遍酸化,柑桔、荔枝、龙眼和芒果4种果园土壤pH分别下降了0.95、0.70、0.89和0.64个单位;有机质减少,其中芒果园和柑桔园下降较多,降幅分别达50.63%和22.45%;有效阳离子交换量(ECEC)下降,柑桔园下降43.64%,而芒果园和龙眼园也有30.77%和27.27%的降幅;容重增加,比第2次普查时增加14%~39%。受施肥投入影响,N、P、K养分在柑桔、荔枝和龙眼园上有增加的趋势,而芒果园在全N、速效P、速效K方面则有较大的下降。利用数理统计软件SPSS对果园土壤环境和养分因素进行综合分析显示,柑桔、龙眼和芒果园均表现出退化,其中芒果园退化最为严重,而荔枝园由于施肥投入较多而使土壤肥力有一定进化。

关键词 红壤果园;土壤肥力;退化

中图分类号 S158.1

广西地处亚热带和北热带,属热带-亚热带季风气候区,气温高,热量充足,年均温16~23℃, >10℃的活动积温在4900~8300℃之间,雨量充沛,年均降雨量在1100~2600mm之间^[1],是我国发展热带亚热带水果生产的理想区域之一。广西水果经过近十多年发展,到2001年种植面积已达81.39万hm²,产量达406.28万t,比1990年分别增加173.76%和343.49%^[2,3],已成为我国第二大热带、亚热带水果生产省区。但是广西水热资源在时空分布上的不均匀性(雨量主要集中在4~9月,湿热同季),大量开垦种果,势必造成严重的水土流失,养分贫乏,果园土壤环境恶化,进而影响水果产量和品质,反制约广西水果的发展。开展对广西红壤果园土壤肥力现状的调查研究,提出防治红壤果园土壤肥力退化的有效措施,对充分发挥广西水热资源和生物资源的潜力,推动广西水果生产的发展有极其重大的意义。

1 材料与方法

1.1 样品的采集

柑桔、荔枝、龙眼和芒果是广西主要种植的水果,种植面积占广西水果总面积72.43%^[2],因而调查主要在这4种果园上进行。根据上述4种水果在

广西的分布情况,选择较有代表性的、种植面积又较大的13个县市(灵川、鹿寨、苍梧、北流、贵港、钦州、灵山、南宁、武鸣、邕宁、隆安、百色和田东)进行调查,根据各县市第2次土壤普查资料,选择有普查点的果园进行跟踪调查,在树主干与树冠滴水线中间采集耕层农化样供分析测试,并挖掘诊断剖面进行观察分析,同时对果树生长情况、施肥管理、种植方式等进行调查。

1.2 调查果园概况

桂北是柑桔主产区,因而柑桔调查主要在桂北进行。柑桔在砂页岩和第四纪红土母质上有较多分布,种植密度为600~1200株/hm²。20世纪90年代以前,施肥管理水平较高,种植面积和产量均为全区第一;由于受市场销售不佳和黄龙病危害的影响,果农施肥管理的积极性明显下降,调查果园有大批果树被砍伐,树势较差,种植面积和产量也由全区第1位分别降为第3和第2位(2001年)。

荔枝、龙眼是广西重点发展的水果,到2001年,种植面积已占广西总面积的55.4%,列前两位,龙眼栽培面积已居全国首位,产量位居第二^[2,4]。荔枝、龙眼经济栽培区在梧州—百色一线以南,荔枝主要分布在花岗岩和砂页岩母质上,而龙眼在第四纪红土母质上也有较大面积分布;本次调查荔枝园有较

多是 30 年以上的老果园，施肥管理水平较高，种植密度为 300~450 株/hm²；龙眼园有较多新植果园，施肥也较多，但不平衡，水土流失较严重。种植密度为 450~900 株/hm²。

芒果为世界 5 种热带名果之一，由于桂西右江河谷地区多春旱，芒果开花授粉受低温阴雨影响较小，因而种植面积较大，是芒果主产区，是本次芒果主要调查区。其在砂页岩和第四纪红土母质上有较多分布，种植密度为 450~900 株/hm²。近几年由于销售不畅，价格低廉，严重挫伤果农积极性，施

肥管理较差，水土流失也较严重，长势较差，产量也较低，见表 1。

4 种果树幼龄树常间种花生、黄豆或木薯等作物，成年树则很少有覆盖，水土流失都较严重；新植果园有较多采用梯地种植，而老果园较少。在花岗岩和砂页岩母质上的果园，大都是由林荒地开垦而来，坡度常较大，而在第四纪红土母质上果园则有较多是由旱耕地改种，坡度较平缓。其投入与产量水平见表 1。

表 1 不同果园投入与产量水平

Table 1 Input and output for various orchards

果园	每年投入水平 (kg/hm ²)					产量 (kg/hm ²)
	有机肥*	复合肥**	尿素	钙镁磷	KCl	
柑桔	1200~1500	300~600	300~480	900~1200	150~180	30000~60000
荔枝	2250~11250	450~1350	135~675	225~900	270~1350	3000~60000
龙眼	3600~6750	450~900	113~225	45~810	450~1575	3150~11250
芒果	3150~4500	135~675	126~140	83~390	99~158	1500~2250

* 农家肥 NPK 含量：N 11.1 g/kg, P₂O₅ 3.7g/kg, K₂O 12.3g/kg.

**复合肥 N : P₂O₅ : K₂O=15 : 4 : 6

1.3 分析方法

pH 用水提 酸度计测定 ;容重用环刀法 ;ECEC 用加和法(交换性酸用 KCl 交换 中和滴定法 ;交换性盐基用 1mol/L 醋酸铵浸提 ;K、Na 用火焰光度法，Ca、Mg 用原子吸收光谱法测定)；有机质用重铬酸钾容量法；其它分析方法按常规分析方法测定^[5]。

2 结果与讨论

2.1 不同果园土壤 pH 值和有效阳离子交换量 (ECEC) 的变化

2.1.1 果园土壤 pH 值 表 2 为 1980 年土壤普查和 2001 年调查中果园土壤 pH 值的变化情况。2001 年调查的果园土壤 pH 值平均在 5.3 以下，比 1980 年普查时都低，说明广西红壤果园土壤普遍酸化。果园土壤的酸化，主要是由于开垦种果后打破了原有的平衡，有机质迅速矿化分解，缓冲能力降低，强降雨又导致大量的盐基离子流失，Al 的富集，造成土壤的进一步酸化。不同果园，柑桔园酸化最严重，pH 平均下降了 0.95 个单位，龙眼园次之，下降 0.89 个单位；不同母质间，第四纪红土母质酸化最严重，在柑桔园和芒果园 pH 降幅都达 1.2 个单位以上；花岗岩母质次之，砂页岩母质在龙眼园上降了 1.06 个单位，不过，在其它果园降幅相对较小，

主要原因可能是由于新垦龙眼园较多，表层土较疏松，水土流失严重，造成盐基离子大量流失的结果。

2.1.2 果园土壤有效阳离子交换量 (ECEC) 土壤阳离子交换量在一定程度上反映土壤保蓄和提供有效养分的能力，交换量大的土壤保肥性能好，施肥淋失量小，表现良好的稳肥性^[6]。广西果园土壤有效阳离子交换量 (ECEC) 较小，变幅在 2.7~14.6cmol/kg 之间，平均在 10cmol/kg 以下 (表 2)。果园有效阳离子交换量 (ECEC) 较小，说明果园土壤保肥性能差。果园 ECEC 的变化与 pH 相似，果园 ECEC 含量基本上是下降的。显然与有机质和粘粒含量下降有关。已有的研究表明，土壤阳离子交换量与土壤有机质、粘粒含量关系密切，在重量相等的情况下，有机胶体的交换量比矿质胶体要大 1~2 倍，粘粒含量高的粘重土壤阳离子交换量也高^[6]。开垦种果后，丰富的水热条件使有机质迅速矿化分解，强降雨又使有机质和粘粒大量流失，盐基离子也大量流失而导致 ECEC 降低，交换性能下降。4 种果园中，降幅最大的是柑桔园，达 43.64%，芒果园次之，为 30.77%；不同母质间，第四纪红土母质果园 ECEC 减少最多，其中在柑桔园上的降幅达 60.12%；花岗岩母质次之，降幅最小的是砂页岩，平均为 15.55%。

表 2 不同果园土壤 pH 值和有效阳离子交换量 (ECEC) 的变化

Table 2 Changes in pH and ECEC in various orchard soils

果园	母质	样品 数(n)	pH 值				样品 数(n)	ECEC (cmol/kg)			
			1980年		2001年			1980年		2001年	
			变幅	平均	变幅	平均		变幅	平均	变幅	平均
柑桔	砂页岩	7	4.30~6.50	5.40	4.61~5.10	4.86	7	7.5~11.5	9.3	5.4~12.0	7.5
	第四纪红土	14	5.30~7.00	6.19	4.51~6.31	4.93	7	9~17.3	12.4	3.9~5.6	4.9
	平均	21	4.30~7.00	5.86	4.51~6.31	4.91	14	7.5~17.3	11.0	3.9~12.0	6.2
荔枝	花岗岩	18	4.30~7.60	5.51	4.04~6.21	4.63	9	5.9~12.8	8.6	2.7~14.6	8.1
	砂页岩	16	4.10~7.40	5.38	3.79~6.89	4.79	8	5.9~13.1	9.4	5.0~10.7	7.3
	第四纪红土	3	5.40~5.50	5.45	5.00~5.34	5.13	2	7.5~10.1	8.8	3.9~8.4	5.8
	平均	37	4.10~7.60	5.44	3.79~6.89	4.74	19	5.9~13.1	8.9	2.7~14.6	7.4
龙眼	花岗岩	8	4.70~6.00	5.30	4.03~4.86	4.48	4	3.4~11.9	7.7	3.4~4.6	4.0
	砂页岩	22	4.20~7.20	5.44	4.11~4.71	4.38	8	3.4~13.1	8.9	6.3~13.1	9.7
	第四纪红土	30	4.73~7.00	5.89	4.22~6.79	5.03	11	6.6~12.2	9.2	3.3~11.3	5.9
	平均	60	4.20~7.20	5.61	4.03~6.79	4.72	23	3.4~13.1	8.8	3.3~13.1	6.4
芒果	砂页岩	17	3.80~6.20	5.32	3.85~7.19	5.26	10	5.2~12.9	8.1	3.1~8.6	6.2
	第四纪红土	16	4.90~7.00	5.81	4.00~5.99	4.61	12	4.8~10.6	7.6	4.0~5.4	4.5
	平均	33	3.80~7.00	5.56	3.85~7.19	4.92	22	4.8~12.9	7.8	3.1~8.6	5.4

2.2 不同果园土壤表土层厚度和容重的变化

2.2.1 土壤表土层厚度 两次调查中不同果园表土层厚度变化状况见表 3。从表 3 可以看出,柑桔园表土层减少,主要是由于受柑桔销售不佳及黄龙病影响,果园耕作管理较少的缘故;荔枝、龙眼和芒果 3 种果园表土层都增加,其中增加最多是芒

果园,增幅达 36.11%;龙眼园次之,增幅为 25.15%。表土层增厚是由于耕作的结果。

2.2.2 果园土壤容重 两次调查中不同果园土壤容重的变化见表 3。果园土壤容重都较大,最高达 1.73g/cm^3 ,说明果园土壤熟化程度较低。2001 年测得的果园土壤容重比 1980 年第 2 次土壤普查时

表 3 不同果园土壤表土层厚度和容重的变化

Table 3 Changes in depth and bulk density of surface soil in various orchard soils

果园	母质	样品 数(n)	表土层厚度(cm)				样品 数(n)	容重(g/cm^3)			
			1980年		2001年			1980年		2001年	
			变幅	平均	变幅	平均		变幅	平均	变幅	平均
柑桔	砂页岩	11	12~24	16.3	9~16	12.5	7	1.01~1.24	1.15	1.17~1.57	1.41
	第四纪红土	9	10~25	17.4	12~20	14.5	5	0.98~1.38	1.19	1.27~1.31	1.29
	平均	20	10~25	16.5	9~20	13.8	12	0.98~1.38	1.17	1.17~1.57	1.35
荔枝	花岗岩	12	13~40	22.7	12~38	22.6	9	1.08~1.29	1.19	1.28~1.35	1.32
	砂页岩	15	8~33	18.5	13~34	21.4	11	1.06~1.46	1.19	1.17~1.49	1.37
	第四纪红土	2	13~24	18.5	13~20	16.5	2	1.09~1.18	1.14	1.25~1.35	1.31
	平均	29	8~40	20.2	12~38	21.2	22	1.06~1.46	1.18	1.17~1.49	1.35
龙眼	花岗岩	4	9~33	20.8	15~28	21.5	4	1.05~1.22	1.15	1.29~1.37	1.37
	砂页岩	16	8~29	16.7	15~21	18.2	9	1.01~1.33	1.17	1.38~1.56	1.45
	第四纪红土	14	6~22	15.5	15~35	22.6	10	1.02~1.40	1.16	1.20~1.59	1.41
	平均	34	6~33	16.7	15~35	20.9	23	1.01~1.40	1.16	1.20~1.59	1.43
芒果	砂页岩	12	8~35	14.8	18~29	21.0	5	1.04~1.27	1.15	1.33~1.69	1.57
	第四纪红土	12	10~17	14.0	14~28	18.5	8	1.03~1.34	1.16	1.48~1.73	1.61
	平均	24	8~35	14.4	14~29	19.6	13	1.03~1.34	1.16	1.33~1.73	1.59

均有增大，其中芒果园增幅最大，平均增幅达 37.07%。果园土壤容重的增大，一是由于开垦种果把较紧实的底土翻上表层所致；二是由于广西降水强度大，果农重种轻管，有机肥施用少，开垦种果后又造成严重的水土流失，表层有机质和粘粒等大量流失的结果。不同的母质，在花岗岩母质上的果园增幅较小，而第四纪红土母质和砂页岩母质果园相对较大，且随果园而不同，在芒果园上的第四纪红土母质和砂页岩母质分别增 38.79%和 36.52%，

而在荔枝园上则分别增 14.91%和 15.13%。说明果园土壤容重受果园不同耕作施肥的影响较大。

2.3 不同果园土壤有机质和全 N 素的变化

2.3.1 果园土壤有机质 从表 4 见，广西 4 种果园土壤有机质平均含量均下降，说明广西果园土壤有机质下降的普遍性；其中降幅最大的是芒果园，下降了 12.1g/kg，降幅达 50.63%，降幅极大；柑桔园次之，为 22.45%；不同母质果园，砂页岩母质果园降幅最大，平均降幅达 29.59%，第四纪红土母质

表 4 不同果园土壤有机质和全 N 的变化

Table 4 Changes in organic matter and total nitrogen in various orchard soils

果园	母质	样品数(n)	有机质 (g/kg)				全 N (g/kg)			
			1980年		2001年		1980年		2001年	
			变幅	平均	变幅	平均	变幅	平均	变幅	平均
柑桔	砂页岩	7	16.0~36.2	26.5	15.4~25.0	18.9	0.80~2.00	1.39	0.39~1.64	1.41
	第四纪红土	14	10.8~36.8	23.1	11.2~24.1	19.0	0.53~2.90	1.37	0.82~2.07	1.27
	平均	21	10.8~36.8	24.5	11.2~25.0	19.0	0.53~2.90	1.37	0.82~2.16	1.31
荔枝	花岗岩	18	10.2~44.6	23.4	7.8~32.5	20.1	0.52~1.39	1.02	0.73~2.26	1.37
	砂页岩	16	4.1~38.5	18.5	11.1~27.5	18.2	0.20~1.71	0.75	0.56~2.07	1.15
	第四纪红土	3	13.3~17.8	15.6	14.9~21.1	17.3	0.76~0.82	0.79	0.97~1.49	1.19
	平均	37	4.1~44.6	20.3	7.8~32.5	19.1	0.20~1.71	0.86	0.50~2.26	1.26
龙眼	花岗岩	8	15.5~26.6	20.8	16.8~23.1	19.3	0.56~1.33	0.83	0.61~0.94	0.79
	砂页岩	22	10.2~34.1	19.0	2.7~20.9	14.7	0.60~1.60	1.07	0.82~2.07	1.00
	第四纪红土	30	9.6~45.3	21.6	11.9~33.9	23.2	0.33~1.44	0.89	0.73~1.97	1.34
	平均	60	9.6~45.3	20.3	2.7~33.9	19.6	0.33~1.60	0.97	0.34~1.97	1.14
芒果	砂页岩	17	12.5~51.7	24.6	7.5~17.2	11.6	0.81~2.62	1.34	0.97~1.49	0.94
	第四纪红土	16	12.5~37.6	23.2	5.9~17.5	12.2	0.53~1.74	1.10	0.56~1.06	0.71
	平均	33	12.5~51.7	23.9	5.9~17.5	11.8	0.53~2.62	1.22	0.39~1.64	0.83

果园次之，下降 13.06%。造成有机质含量下降的主要原因：(1) 有较多果园是由有机质含量较高的林荒地开垦而来，种果树时由于有机质含量较低的底土翻上表层而使表层有机质含量迅速减少；(2) 广西水热资源丰富，微生物活跃，有机质矿化快，开垦种果把原来的平衡打破，有机质迅速矿化分解，而枯枝落叶及施入有机肥又相对较少，不足以弥补有机质矿化的损失。已有的报道资料，由于耕作的影响，新垦土壤有机质的损失最初很快，以后则很慢，30 年后达到平衡。当生荒地垦殖时，在 25 年内有机质含量会降到最高含量的 50%~60%^[7]。我们在广西赤红壤果园进行的腐解矿化试验表明，果园土壤年矿化率在 5.5% 以上，有机物料腐解残留率(花生腾)为 26.69%，若以土壤有机质含量为 11.36g/kg 计，每年需补充有机物料(干花生腾) 5267.1 kg/hm²

才能达到平衡；(3) 广西降雨强度大，果农重种轻管，水土流失严重，造成有机质直接流失；(4) 有机肥施用较少。芒果由于销售不佳，肥料特别是有机肥投入较少，是芒果园土壤有机质下降比其它果园快的主要原因。荔枝园和龙眼园减幅较少，主要是荔枝龙眼在广西较受重视，果农管理积极，有机肥等投入较多的缘故。

2.3.2 果园土壤全 N 素 两次调查中广西果园土壤全 N 的变化与有机质不同，在广西较受重视的荔枝园和龙眼园全 N 平均含量以增加为主，其中荔枝园增加较多，平均含量增加 0.4g/kg，增幅达 46.51%；而芒果园和柑桔园则以下降为主，又以芒果园下降最多，降幅达 31.97%。N 素的变化与果园施肥管理有关，荔枝、龙眼园施肥较多，因而含量下降较慢；而芒果园和柑桔园施肥相对较少，因而

下降较快。不同母质,花岗岩母质果园增加最多(主要是荔枝园增加),平均含量增加 0.22g/kg,增幅达 22.68%。而砂页岩母质略有下降。

2.4 不同果园土壤 P 素的变化

2.4.1 果园土壤全量 P 素 两次调查土壤全 P 含量的变化情况见表 5。果园土壤全 P 较低,平均含量在 0.6g/kg 以下。全 P 平均含量在柑桔园和荔枝园上有提高,其中柑桔园增加较多,达 0.18g/kg,增幅为 45%;柑桔园全 P 含量的增加,可能是由于上世纪 90 年代施肥较多 P 素易被固定而富集的结果。而芒果园和龙眼园则趋于减少,下降最严重的是芒果园,下降了 0.29g/kg,降幅达 52.73%。不同母质,随果园而变化,在第四纪红土母质上的荔枝园增加

最多,达 226.92%,而同样母质的芒果园其降幅最大,达 66.18%,显然用母质等因素难以解释果园全量 P 素的变化,其变化更多是受施肥管理等人为因素的影响。

2.4.2 果园土壤速效 P 果园土壤速效 P 含量除芒果园外,都比 1980 年普查时有提高,尤以柑桔园增加最多,平均含量增加 12.2mg/kg,增幅达 248.98%(表 5)。不同的果园,其含量变化都较大,相差可达近 100 倍,说明果园间施肥极不平衡。芒果园土壤速效 P 很低,与 1980 年普查时变化不大,平均含量在 3mg/kg 以下,处于极缺状态,说明芒果园不太重视 P 肥的施用。

表 5 不同果园土壤 P 素的变化

Table 5 Changes in phosphorus in various orchard soils

果园	母质	样品数(n)	全 P (g/kg)				样品数(n)	速效 P (mg/kg)			
			1980年		2001年			1980年		2001年	
			变幅	平均	变幅	平均		变幅	平均	变幅	平均
柑桔	砂页岩	9	0.03~0.88	0.40	0.30~0.80	0.44	7	1.5~6.0	3.2	1.5~45.9	12.3
	第四纪红土	14	0~1.09	0.31	0.47~0.88	0.65	9	1.2~20.0	6.5	0~40.3	19.7
	平均	23	0~1.09	0.40	0.30~0.88	0.58	16	1.3~20.0	4.9	0~45.9	17.1
荔枝	花岗岩	18	0.20~0.63	0.41	0.17~0.61	0.33	10	0.1~8.0	4.4	1.2~85.7	13.5
	砂页岩	16	0.19~1.89	0.40	0.10~1.92	0.60	13	1.0~6.5	3.7	0.4~32.0	7.0
	第四纪红土	3	0.22~0.29	0.26	0.66~1.11	0.85	2	4.0~10.0	6.0	3.0~44.3	17.6
	平均	37	0.19~1.89	0.39	0.10~1.92	0.49	25	0.1~8.0	4.1	0.4~85.7	11.1
龙眼	花岗岩	8	0.23~0.89	0.49	0.15~0.78	0.37	4	1.0~6.9	4.7	2.1~91.2	17.8
	砂页岩	22	0.28~2.12	0.67	0.10~0.54	0.25	11	0.6~9.0	3.6	0.5~74.9	8.0
	第四纪红土	30	0.21~1.50	0.66	0.26~1.05	0.69	10	1.0~16.2	5.0	0~25.4	6.7
	平均	60	0.21~2.12	0.64	0.10~1.05	0.48	25	0.6~16.2	4.3	0~91.2	8.6
芒果	砂页岩	17	0.24~0.72	0.43	0.16~0.40	0.28	11	0~6.7	2.1	0.4~5.8	3.0
	第四纪红土	16	0.21~1.70	0.68	0.15~0.37	0.23	12	0.4~22.0	3.9	0.3~9.3	2.8
	平均	33	0.21~1.70	0.55	0.15~0.40	0.26	23	0~22.0	2.9	0.3~9.3	2.9

2.5 不同果园土壤 K 素的变化

2.5.1 果园土壤全量 K 素 两次调查果园土壤全 K 含量变化情况见表 6。从表 6 可以看出,全 K 含量除在龙眼园略有下降外,在其它果园均有增加,其中增加最多的是柑桔园,增幅为 93.75%。不同母质,在花岗岩母质上减少(主要为龙眼园减少),在砂页岩和第四纪红土母质上提高,其中提高最快的是砂页岩,增幅达 63.5%。在花岗岩母质的龙眼园全 K 含量的减少,是由于花岗岩母质果园坡度较大,而龙眼园大部分是新开果园,经常翻动表层,丰富的降雨造成大量的水土流失,K 素也大量淋失,而

果农对 K 肥施用不够重视,施入 K 肥较少所致。

2.5.2 果园土壤速效 K 对当季作物来说,K 素养分是否充足,是由土壤速效 K 水平来决定的^[6]。广西果园土壤速效 K 含量变幅很大,低的不足 10mg/kg,高的近 300mg/kg,随果园、母质而不同(表 6)。两次调查速效 K 含量变化,除芒果园降低外,其它果园都有增加,又以柑桔园增加最多,平均含量增加 44.1mg/kg,增幅达 83.36%;荔枝园其次,平均含量增加 23.8mg/kg,增幅达 42.35%;而芒果园平均含量减少 22.1mg/kg,减幅为 37.65%。不同母质,在花岗岩母质上有较大的增加,平均增

表 6 不同果园土壤 K 素的变化

Table 6 Changes in potassium in various orchard soils

果园	母质	样品 数(n)	全 K (g/kg)				样品 数(n)	速效 K (mg/kg)			
			1980年		2001年			1980年		2001年	
			变幅	平均	变幅	平均		变幅	平均	变幅	平均
柑桔	砂页岩	9	0.7~26.6	10.1	10.6~44.5	23.3	7	40.0~120.0	66.4	66.3~167.4	120.9
	第四纪红土	14	0.3~14.7	6.9	4.5~35.4	16.2	9	20.0~75.0	46.9	40.9~127.2	85.0
	平均	23	0.3~26.6	9.6	4.5~44.5	18.6	16	20.0~120.0	52.9	40.9~167.4	97.0
荔枝	花岗岩	18	4.3~53.5	16.4	6.3~36.9	16.6	10	20.0~114.0	58.4	18.7~215.9	97.7
	砂页岩	16	1.5~12.0	6.6	5.0~22.7	14.7	13	24.0~114.0	50.4	18.7~217.9	64.2
	第四纪红土	3	8.4~14.9	11.7	15.7~16.5	16.1	2	10.0~109.4	59.6	38.3~89.5	58.6
	平均	37	1.5~53.5	11.0	5.0~36.9	15.7	25	10.0~114.0	56.2	18.7~217.9	80.0
龙眼	花岗岩	8	2.1~25.0	8.6	4.8~6.3	5.5	4	24.0~50.0	42.8	19.2~288.5	95.2
	砂页岩	22	0.5~27.4	12.6	3.5~19.6	14.9	10	50.0~122.0	77.4	7.4~110.9	53.3
	第四纪红土	30	0.6~20.1	7.2	3.5~26.4	6.8	10	1.0~134.8	48.8	19.6~91.6	55.8
	平均	60	0.5~27.4	9.9	3.5~26.4	9.6	24	1.0~134.8	59.7	7.4~288.5	60.1
芒果	砂页岩	17	0.7~17.0	10.9	3.6~29.9	17.0	12	28.0~130.0	62.8	18.7~91.1	48.1
	第四纪红土	16	2.2~20.5	8.8	4.2~21.6	11.2	12	20.0~146.0	54.6	13.5~48.2	24.4
	平均	33	0.7~20.5	9.8	3.6~29.9	14.2	24	20.0~146.0	58.7	13.5~91.1	36.6

幅为 79.68%；而在砂页岩母质上减少。与 N、P 相比，速效 K 更易受气候和施肥等人为因素的影响。由于速效 K 极易受降雨的淋洗而损失，若施肥跟不上则速效 K 含量下降极快，芒果园 K 素的下降主要是由于施肥较少导致。

2.6 果园土壤肥力的综合评价

对不同果园、不同母质，不同的单个指标反映的肥力状况不完全一致，难以客观评判，需对各个因子进行处理，得到一个统一的综合指标，然后进行比较分析。本文采用因子分析法进行统计分析。首先，对数据进行标准化处理。本文采用孙波等人的简化评分函数法进行转换^[8]，求得各个指标的隶属度值。

然后，利用因子分析计算各项指标的权重系数。本文采用数理统计软件 SPSS 进行处理。从计算出的各主因子贡献率看，前 6 个因子的累积贡献率已达 82.65%，满足信息提取的要求。经因子旋转分析可知，各主因子主要表达的土壤肥力指标：第 1 个为有机质和全 N，第 2 个为速效 P 和速效 K，第 3 个为容重和 ECEC，第 4 个为 pH 和全 P，第 5 个为全 K，第 6 个为表土层厚度。根据计算出的各个土壤养分指标的公因子方差值确定其权重系数^[8]。

最后，计算各果园土壤肥力综合指标值 CFI (Comprehensive Fertility Index)。土壤肥力综合指

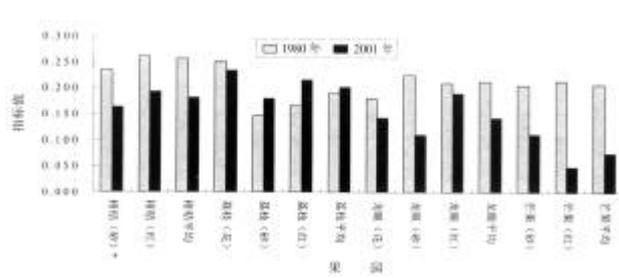
标值 CFI 等于环境指标 (pH、ECEC、容重和表土层厚度) 和养分指标 (有机质、全 N、全 P、速效 P、全 K 和速效 K) 的乘积，环境指标和养分指标分别等于各自单个指标的权重系数与隶属度值的乘积和，其结果用图 1 表示。

图 1 表明，荔枝园土壤肥力综合指标值 (CFI) 有一定的增加，即荔枝园表现有一定的进化，这与荔枝园施肥投入较多有关；其它果园 CFI 都在下降，说明果园土壤肥力在退化。其中芒果园退化最严重，CFI 平均下降了 63.8%；龙眼园居次，下降 32.8%。在芒果园，CFI 在第四纪红土母质上下下降最多，达 76.86%，退化最严重；而在龙眼园，CFI 在砂页岩母质上下下降最多，降了 50.84%。果园土壤肥力的变化，受施肥管理等人为因素的影响较大，受母质的影响相对较小。

2.7 防止果园土壤肥力退化的措施

广西红壤果园土壤肥力退化主要是红壤果园土壤环境恶化，而严重的水土流失以及施肥管理不善是根本原因。针对上述问题和广西水果生产的实际条件，建议采取以下措施：

(1) 增加覆盖，防止水土流失，改善果园生态环境，提高肥力。可采用种草等“活物”覆盖或用草秆、枝叶等“死物”覆盖。以“生草制”取代“除草制”是近代果园土壤管理制度的变化趋势。种草以种植



图中括号内为母质：花 花岗岩母质，砂 砂页岩母质，红 第四纪红土母质

图 1 不同果园土壤肥力综合指标值的变化

Fig. 1 Changes in CFI in various orchard soils

低矮的爬地兰、日本草、罗吨豆、宽叶雀稗等为主，可减少果园水土流失，同时翻埋回地又可增加土壤有机质。黄炎和等研究表明，果园套种爬地兰、日本草等 28 个月后，有机质提高 85.0% 和 43.8%^[9]，效果非常显著。罗吨豆、日本草等还是牧草，可通过喂养禽畜，粪便还地，增加果园土壤有机质，提高果园土壤肥力，种养结合，提高经济效益，从而也提高果农管理的积极性，一举多得。

(2) 增施有机肥，提高有机质含量，减少土壤酸化。在红壤果园区土壤环境的改善，很大程度上依赖于土壤有机质的提高。而土壤有机质积累量随有机肥量的增加而增加，有机肥用量提高一倍，土壤有机质的积累量几乎也提高一倍^[10]。施用有机肥能明显提高土壤 pH 值，施用有机肥 75000kg/hm²，2 年后 pH 值增加 0.48 个单位^[11]，防治红壤果园土壤酸化效果明显。

(3) 加强管理，平衡施肥，防止重种轻管的坏习惯。

3 结 论

(1) 两次调查结果表明，广西红壤果园土壤普遍酸化，有机质下降，容重增加，有效阳离子交换量减少，果园土壤环境恶化。

(2) 受施肥投入水平不同的影响，果园的养分变化不同。柑桔园、荔枝园和龙眼园 N、P、K 素有所提高，而芒果园则减少，养分比较贫乏。

(3) 从环境和养分因素综合分析，柑桔、龙眼和芒果园均表现出退化，其中芒果园退化最为严重；

而荔枝园由于施肥相对较多而使 N、P、K 含量增加，因而表现出一定的进化。

参考文献

- 1 广西土壤肥料工作站. 广西土壤. 南宁: 广西科学技术出版社, 1994
- 2 广西区政府主办. 广西年鉴. 广西年鉴社编辑出版, 2002
- 3 陈国琨, 晋中良, 邓坚等. 广西水果生产现状分析. 广西水果发展战略及规划研究, 1993, 25~42
- 4 蒙福贵主编. 荔枝、龙眼、芒果低产劣质改造技术. 南宁: 广西师范大学出版社, 2001
- 5 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1978
- 6 熊毅, 李庆逵主编. 中国土壤. 第 2 版. 北京: 科学出版社, 1987, 464~482
- 7 全国土壤普查办公室. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998, 875~900
- 8 孙波, 张桃林, 赵其国. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价. 土壤学报, 1995, 32(4): 362~368
- 9 黄炎和, 卢程隆, 杨学震等. 侵蚀劣地果园套种绿肥对土壤肥力的影响. 福建农业大学学报, 1996, 25(2): 204~207
- 10 李忠佩, 程励励, 林心雄. 退化红壤的有机质状况及施肥影响的研究. 土壤, 1994, 26(2): 70~76
- 11 江泽普, 韦广泼, 田忠孝. 红壤果园土壤培肥盆栽模拟试验研究. 广西农业科学, 2003, (2): 30~32

FERTILITY DEGRADATION OF ORCHARD SOILS IN RED EARTH REGION OF GUANGXI

Jiang Zepu Wei Guangbo Meng Yancheng Tan Hongwei Liu Bin Huang Yuyi

(*Institute of Soil and Fertilizer, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007*)

Abstract Based on the data of the secondary soil survey of Guangxi province, soil fertility of four orchards, Orange, Litchi, Longan and Mango was investigated in Guangxi province. Results showed that the orchards all deteriorated in soil environment, which was mainly expressed generally in the form of acidification, decreasing organic matter content, lowering ECEC and rising density. For instance, soil pH in the four orchards (Orange, Litchi, Longan and Mango) dropped separately by 0.95, 0.70, 0.89 and 0.64 unit; soil organic matter decreased in content, especially in the Orange and Mango orchards, by 50.63% and 22.45% separately; soil ECEC lowered by 43.64% in the Orange orchard, 30.77% in the Mango and 27.27% in the Longan; and soil bulk density increased by 14 to 37%. As a result of increased fertilizer application, soil N, P and K showed an increasing trend in the Orange, Litchi and Longan orchards, But total N, readily available P and readily available K in the Mango orchard dropped significantly. Integrated analysis of the soil environment and nutrient factors of the orchard soils with the mathematical statistic software—SPSS shows that soil fertility degradates in the Orange, Longan and Mango orchards, especially in the Mango orchard. Thanks to higher NPK application in the Litchi orchard, soil fertility there has somewhat improved.

Key words Orchard in red earth region, Soil fertility, Degradation

(上接第 509 页)

- | | |
|---|---|
| <p>2 晏维金, 尹澄清, 孙濮, 韩小勇, 夏首先. 氮磷在水田湿地中的迁移转化及径流流失过程. 应用生态学报, 1999, 10(3): 312~316</p> <p>3 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 第 2 版. 北京: 农业出版社, 1981, 33~35, 68~70, 73~74</p> <p>4 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1978, 142~150, 500~508</p> <p>5 鲁如坤主编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999, 133~135</p> <p>6 张水铭, 马杏法, 汪祖强. 农田排水中磷素对苏南太湖</p> | <p>水系的污染. 环境科学, 1993, 14(6): 24~29</p> <p>7 张志剑, 王珂, 朱荫湄, 王光火, 施丹潮. 水稻田表水磷素的动态特征及其潜在环境效应的研究. 中国水稻科学, 2000, 14 (1): 55~57</p> <p>8 董元彦. 磷钾在红壤中的运移与扩散系数. 华中农业大学学报, 1995, 14 (3): 247~25</p> <p>9 吴岳, 郭天玲, 白建华等. 灌溉条件下氮磷钾随水流失污染水体的试验初报. 农业环境保护, 1986, 5 (5): 41~43</p> <p>10 高超, 张桃林. 农业非点源污染对水体富营养化的影响及对策. 湖泊科学, 1999, 11(4): 369~375</p> |
|---|---|

P LOSS THROUGH VERTICAL LEACHING FROM PADDY FIELD UNDER SUBMERGED CONDITIONS

Xie Xuejian Ran Wei Shen Qirong

(*College of Natural Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095*)

Abstract A new method was used in the experiment that was focused on vertical leaching of phosphorus in paddy soils during the rice-growing season. Some steel cylinders were inserted into the soil to different depths to collect water samples in Yixing, Jiangsu province. Results showed that neither the concentrations of soluble P nor the total P in the leachate was high, being below 0.02mg/L or between 0.03~0.08mg/L, respectively. The vertical leaching rate was about 0.53cm/day. The total amount of P lost through leaching was 3.77kg/hm², 36% of which was from the depth of 0~20cm, when the P application rate was 30kg/hm² during the rice growing season.

Key words Soluble P, Total P, Vertical leaching, Transport