

曾成城,苏天明,苏利荣,等.广西典型喀斯特地区不同土地利用方式土壤养分特征[J].江苏农业科学,2021,49(2):199-203.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.02.035

广西典型喀斯特地区不同土地利用方式土壤养分特征

曾成城¹,苏天明¹,苏利荣¹,秦芳¹,李琴¹,何铁光¹,俞月凤¹,张雨²,徐亮²,冯倩²

(1. 广西壮族自治区农业科学院农业资源与环境研究所,广西南宁 530007; 2. 云南省林业科学院,云南昆明 650204)

摘要:为了给广西喀斯特农林土壤改良与配方施肥提供理论支撑,调查典型喀斯特地区广西河池市环江县水田、旱地、林地土壤养分现状。调查结果如下:(1)广西河池市环江县土壤养分含量表现为水田土壤>旱地土壤>林地土壤,几种土壤养分含量的共同点是全氮含量较丰富,有机质含量中等,速效钾含量较缺乏。(2)与1982年第2次全国土壤普查结果相比,此次速效磷含量处于中等及以上水平的土壤样品比例更高,速效钾和有机质含量有所下降。(3)本次调查中,属于极强酸性或强酸性土壤的样品数占有调查样品数的平均值是1982年第2次全国土壤普查结果的5.64倍,旱地和林地土壤酸化现象十分普遍,92.86%的旱地和100%的林地土壤为强酸性或极强酸性土壤。建议增施钾肥,适当施用有机肥、生物有机肥或有机-无机复混肥,对旱地农业或林地土壤选用碱性肥料或补施石灰以提高土壤pH值。

关键词:喀斯特地区;广西环江县;土壤养分;水田;旱地;林地;土壤酸化现象

中图分类号:S158.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)02-0199-05

土壤是农林业生产的基础,土壤肥力的高低直接影响植物生长,影响农林业生产的结构、布局和经济效益,在农林业生产和科学研究中有举足轻重的地位^[1]。长期以来不合理耕作、大量施用化肥等导致我国土壤肥力降低,土壤退化严重^[2]。土壤退化降低了土壤生产力,使作物产量和品质下降,影响食品安全^[3]。据统计,目前我国已有40%的土地发生退化,退化面积为 $4.60 \times 10^8 \text{ hm}^2$,为全世界土地退化总面积的25%^[4]。大量研究表明,与第2次全国土壤普查结果相比,水田或旱地土壤都有不同程度的酸化现象,氮、磷、钾、有机质等的含量根据各地不同施肥习惯都产生了较大的变化^[5-9]。据研究报道,近年来广西地区桉树林土壤地力均出现了不同程度的衰退现象^[10-11]。覃祚玉等对广西柳州鹿寨县黄冕桉树林场的研究表明,轮伐期内不同林龄桉树萌芽林土壤肥力先增加后降低^[12]。对喀斯

特地区土壤特别是红壤、黄壤土壤养分特征及其演变规律进行研究,并开展相关评价,对该地区农林产业建设具有重要意义。本研究针对广西河池市环江县不同土地利用方式的土壤养分现状进行调查,将本次调查结果与当地1982年第2次全国土壤普查结果进行比较,以便对该地区土壤养分的时空动态变化进行系统的分析、评价,揭示热带、亚热带土壤养分变化规律,以为广西农林土壤改良和作物测土配方施肥技术提供理论参考。

1 研究区概况

环江毛南族自治县位于广西西北部、地处云贵高原东南缘,九万大山南麓,东与融水、罗城两县相邻,南接宜州、河池两市,西与贵州省的荔波、从江两县毗连,地理坐标为 $107^{\circ}51' \sim 108^{\circ}43' \text{ E}$, $24^{\circ}44' \sim 25^{\circ}33' \text{ N}$ 。东西最大横距为89 km,南北最大纵距为90 km,最高海拔为1 693 m,最低海拔为149 m,年平均气温为 19.9°C ,年均降水量为1 411.9 mm。

自然土壤有红壤、黄红壤、黄壤、棕色石灰土、黑色石灰土等5个土壤亚类。成土母岩以沙页岩、石灰岩为主,黄壤分布在海拔800 m以上的中低山地;黄红壤分布在海拔为500~800 m的低山丘陵和高丘陵区,红壤分布在海拔500 m以下的丘陵地或低山中下部,石灰土主要分布在石灰岩地区,微酸

收稿日期:2020-03-24

基金项目:广西创新驱动发展专项(编号:桂科AA17204058-14);广西农业科学院科技发展基金(编号:桂农科2020YM108、桂农科2019ZX126);广西自然科学基金(编号:2018GXNSFAA138259)。

作者简介:曾成城(1989—),女,四川富顺人,硕士,研究实习员,主要从事石漠化地区土地利用及植物营养相关研究。E-mail: zengcc5@sina.cn。

通信作者:苏天明,博士,研究员,主要从事土壤肥料与农业废弃物资源化循环利用相关研究。E-mail: sutianming04@126.com。

性,土层深厚,自然肥力强,石灰土微酸性,土层较薄。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料及采样时间

旱地农业土壤样品取自广西环江县 14 个甘蔗土壤样地,水田农业土壤样品取自广西环江县 10 个水稻田样地,林地土壤样品取自广西环江县 3 个桉树林场的 16 个样地。采样时间为 2016 年 1—12 月。

2.2 采样及检测方法

采用梅花形布点,采样深度为 0~20 cm,取土铲垂直往下取样,将 4 点的混合样用四分法分取,留 1 kg 土壤样品,过筛、风干待测。

指标的测定采用鲁如坤的方法,全氮含量采用半微量开氏法测定,速效氮含量采用碱解扩散法测定,速效磷含量采用钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用乙酸铵提取-火焰光度法测定,有机质含量采用重铬酸钾外加热法测定,pH 值测定采用电位计法(土:水=1 g:2.5 mL)测定^[13]。

3 结果与分析

3.1 环江县农林土壤养分基本情况

3 种用地类型土壤肥力状况不均衡,也有共同特征:全氮含量较丰富,有机质含量处于中等水平,速效钾含量缺乏等。调查结果表明,广西河池市环江县土壤平均养分含量表现为水田农业土壤>旱地农业土壤>林地土壤。调查结果显示,不同土地利用类型的各养分含量变化存在一定差异,因此在施肥过程中应保持并改善土壤,根据养分变化趋势差别对待,避免因重垦殖而轻保养使地力降低。

3.1.1 环江县农林旱地土壤养分基本情况 由表 1、表 2 可知,旱地土壤基本性质:全氮含量为 0.12%~0.31%,平均值为 0.19%,达到较丰富水平;速效氮和速效磷平均值处于中等水平,各地含量分别在 75.00~168.00、3.60~26.00 mg/kg 之间;速效钾平均值处于较缺乏水平,各地含量分别在 32.00~140.00 mg/kg 之间;有机质含量在 1.34%~4.40% 之间,其平均值为 2.92%,处于中等水平;pH 值在 3.66~7.34 之间,平均值为 5.24,为强酸性土壤。

3.1.2 环江县农林水田土壤养分基本情况 由表 1、表 2 可知,水田农业土壤全氮含量和速效磷含量

平均值分别为 0.16%、26.78 mg/kg,均达到较丰富水平,全氮含量在 0.06%~0.26% 之间、速效磷含量在 9.80~48.00 mg/kg 之间;速效氮含量平均值达 216.50 mg/kg,达丰富水平,各地土壤速效氮含量在 163.00~310.00 mg/kg 之间,速效钾含量和有机质含量平均值分别属于较缺乏、中等水平,分别为 97.60 mg/kg、2.94%,各地土壤速效钾含量在 45.00~202.00 mg/kg 之间,有机质含量在 1.77%~4.52% 之间;各地 pH 值在 6.16~7.25 之间,其平均值为 6.78,处于中性水平。

3.1.3 环江县农林林地土壤养分基本情况 由表 1、表 2 可知,林地土壤全氮和速效氮含量平均值分别为 0.16%、136.31 mg/kg,均达到较丰富水平,各林地土壤全氮和速效氮含量区间分别为 0.10%~0.25%、60.00~266.00 mg/kg;速效磷和速效钾含量平均值分别为 5.19、50.63 mg/kg,均为较缺乏水平,各林地速效磷及速效钾含量区间分别为 3.20~8.00、27.00~114.00 mg/kg;有机质含量平均值为 2.61%,处于中等水平,各地有机质含量区间为 1.42%~4.37%;pH 平均值为 4.42,处于极强酸性土壤水平,各地 pH 值在 3.99~4.91 之间。

各类型土壤养分评价汇总见表 3。

3.2 环江县农林土壤养分在时间上的纵向变化特征

由表 4 可知,与 20 世纪 80 年代相比,本次调查中土壤全氮含量处于中等以上样品数的百分比差异不大;速效磷含量处于中等含量以上水平的平均比例是 20 世纪 80 年代的 2.19 倍;速效钾和有机质含量处于中等含量以上水平的平均百分比均有所下降,分别只占 20 世纪 80 年代的 76.71%、95.87%;强酸性土壤(pH 值<5.5)样品数所占平均比例是 80 年代的调查结果的 5.64 倍。目前广西河池市环江县水田土壤酸化现象较为缓和,在调查的土样中,未发现强酸土壤,但旱地土壤酸化现象十分普遍,92.86% 的旱地土壤退变为强酸性或极强酸性土壤,而 100% 的林地土壤都退变为强酸性或极强酸性土壤。

4 讨论

土壤是历史的自然综合体,也是主要的农业生产资料,其 pH 值及养分受成土母质、地形地貌、气候水文以及人为活动等多种因素影响^[17]。本研究对试验区的农林土壤肥力演变规律进行了对比,对

表 1 旱地、水田及林地土壤性状

土壤类别	地点、地形	全氮含量 (%)	速效氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (%)	pH 值
旱地土壤	思恩镇陈双村下南一陡坡地	0.31	141.00	16.00	76.00	4.39	3.86
	洛阳镇洛阳社区大白屯水田缓坡	0.17	108.00	26.00	67.00	4.15	6.44
	洛阳镇普东村贾家屯水田平地	0.12	93.00	14.00	53.00	2.33	5.20
	洛阳镇江口村平原屯旱缓坡	0.22	135.00	15.00	56.00	3.61	4.05
	水源镇含香村检查站水田平地	0.12	93.00	12.00	32.00	2.18	6.03
	水源镇温平村好禾屯旱平地	0.16	82.00	21.00	140.00	2.02	5.05
	水源镇温平村好禾屯旱坡地	0.16	75.00	6.10	84.00	1.86	4.07
	大安乡才平村才龙屯旱坡地	0.18	96.00	7.20	93.00	2.82	4.12
	大安乡环界村下现屯水田平地	0.18	106.00	15.00	50.00	2.76	5.84
	大安乡大安社区缓坡旱地	0.20	108.00	3.60	62.00	3.18	5.90
	大安乡塘房村合龙屯旱缓坡	0.16	99.00	16.00	49.00	3.60	3.66
	川山镇五圩村才腊屯旱平地	0.16	76.00	12.00	114.00	1.34	5.88
	川山镇五圩村甘蔗坪旱陡坡铁质土	0.24	99.00	5.70	104.00	2.24	5.97
	川山镇五圩村下柳屯水田平地	0.30	168.00	16.00	68.00	4.40	7.34
	平均值	0.19	105.64	13.26	74.86	2.92	5.24
水田土壤	川山镇都川村下古宾	0.10	163.00	33.00	57.00	1.77	6.32
	大才新坡地福	0.14	183.00	18.00	74.00	2.34	6.76
	思恩人和上古赖	0.14	176.00	18.00	143.00	2.14	6.95
	思恩清潭中哨	0.18	164.00	34.00	202.00	2.67	6.47
	大安才平外京	0.25	234.00	13.00	74.00	3.04	6.85
	大安顶新中村	0.25	310.00	38.00	81.00	4.52	7.05
	水源镇中涧村仁甲屯	0.26	299.00	27.00	143.00	3.87	7.25
	洛阳镇江口村领蚌屯	0.10	175.00	29.00	88.00	2.76	6.91
	洛阳镇普乐村普乐屯	0.06	212.00	48.00	45.00	2.90	7.04
	水源镇水源社区华下屯	0.17	249.00	9.80	69.00	3.39	6.16
	平均值	0.16	216.50	26.78	97.60	2.94	6.78
林地土壤	川山才依方杨	0.17	133.00	5.90	45.00	2.89	4.09
	川山才依后坡	0.10	144.00	3.20	27.00	1.61	4.27
	明伦大明前坡	0.19	144.00	4.00	114.00	2.60	4.91
	塘石	0.21	152.00	3.40	59.00	2.68	4.37
	川山才依前村	0.22	266.00	7.20	62.00	4.14	4.00
	明伦大明中坡	0.13	76.00	2.90	55.00	1.66	4.61
	清潭	0.15	133.00	4.80	35.00	2.06	4.06
	纳辽	0.25	171.00	6.00	67.00	2.95	3.99
	明伦大明大坡	0.13	76.00	4.00	40.00	1.74	4.35
	华山林场Ⅰ	0.15	116.00	6.30	28.00	2.49	4.57
	华山林场Ⅱ	0.15	94.00	6.20	33.00	2.30	4.63
	大沙坡分场Ⅰ	0.13	105.00	4.90	35.00	2.42	4.71
	大沙坡分场Ⅱ	0.16	116.00	4.00	50.00	2.28	4.62
	雅龙分场Ⅰ	0.19	196.00	6.00	80.00	4.22	4.47
	雅龙分场Ⅱ	0.21	199.00	8.00	52.00	4.37	4.61
	水源镇下滩林场	0.10	60.00	6.30	28.00	1.42	4.44
	平均值	0.16	136.31	5.19	50.63	2.61	4.42

表 2 土壤肥力等级推荐划分^[14-15]

等级	区间					
	pH 值	全氮含量 (%)	速效氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (%)
极缺乏	<4.5 (极强酸性)	<0.050	<30	<3	<30	<0.6
缺乏	[4.5,5.5) (强酸性)	[0.050,0.075)	[30,60)	[3,5)	[30,50)	[0.6,1.0)
较缺乏	[5.5,6.5) (微酸性)	[0.075,0.100)	[60,90)	[5,10)	[50,100)	[1.0,2.0)
中等	[6.5,7.5) (中性)	[0.100,0.150)	[90,120)	[10,20)	[100,150)	[2.0,3.0)
较丰富	[7.5,8.5) (微碱性)	[0.150,0.200]	[120,150]	[20,40]	[150,200]	[3.0,4.0]
丰富	>8.5 (强碱性)	>0.200	>150	>40	>200	>4.0

表 3 广西环江县农林土壤养分评价

指标	所处等级水平		
	旱地	水田	林地
pH 值	强酸性	中性	极强酸性
全氮含量	较丰富	较丰富	较丰富
速效氮含量	中等	丰富	较丰富
速效磷含量	中等	较丰富	较缺乏
速效钾含量	较缺乏	较缺乏	较缺乏
有机质含量	中等	中等	中等

充分利用土地资源、制定合理的改土施肥方案以及实现作物高产优质生产和环境保护具有重要意义。

氮素是植物生长所需的主要营养元素,全氮含量越高,土壤生产力越强^[1],从调查结果可知,3 类土壤全氮含量平均值均达到较丰富水平(表 3)。其中,水田土壤速效氮含量极高,超出中等水平上限值的 80.42%,水田土壤速效氮含量与全氮含量的比值达到了 13.5%,而旱地、林地的比值仅为 5.56%、8.52%,说明水田土壤氮活性及供氮能力均高于旱

表 4 土壤养分监测值在规定范围值内的样品数占所有样品数的比例

养分指标及范围	20 世纪 80 年代环江县样品占比(%)			本次调查环江县样品占比(%)			
	水田	旱地	平均值	水田	旱地	林地	平均值
全氮含量>0.1%	95.50	81.10	88.30	80.00	100	87.50	89.17
速效氮含量>90 mg/kg	—	—	—	64.29	100	75.00	79.76
速效磷含量>10 mg/kg	26.52	47.40	24.64	90.00	71.43	0	53.81
速效钾含量>100 mg/kg	22.90	33.60	25.07	30.00	21.43	6.25	19.23
有机质含量>2%	96.01	70.20	87.17	90.00	85.71	75.00	83.57
pH 值为 6.5~7.5	30.70	79.80	55.25	100	7.14	0	35.71
pH 值<5.5	20.00	2.80	11.40	0	92.86	100	64.29

注:20 世纪 80 年代环江县数据为 1982 年第 2 次土壤普查的结果^[16];“—”表示无结果。

地、林地土壤。与 20 世纪 80 年代第 2 次土壤调查结果相比,本次调查中土壤全氮含量处于中等及以上的百分比差异不大。李果对贵州喀斯特地区不同土地利用方式下的土壤的调查发现,各地土壤氮素含量较高,表明近年来通过施肥和合理的植被修复模式有效地改善了石漠化土壤的氮素含量,从而提高了土壤生产力^[7],本研究结果与之一致。

在速效磷和速效钾含量方面,旱地土壤平均值分别为中等、较缺乏;水田分别为较丰富、较缺乏;林地均为较缺乏。在今后的耕作中,可适当提高旱地和林地磷钾肥的施用量。值得注意的是,林地土壤速效磷含量达到中等水平的样品百分数为 0,速效钾的仅为 6.25%。可能与本次调查样地均为桉

树林有关。桉树作为速生植物,对水分和养分的需求极大,因此在今后的种植中,应适时适量地施肥和追肥,日常管理中保留枯枝落叶。

有机质含量作为土壤肥力的重要指标之一,能为植物生长提供各种营养元素,对土壤结构的形成、土壤养分生物有效性及土壤生物多样性均有重要影响^[18]。本研究调查表明,3 种用地类型土壤有机质含量平均值差异不大,均为中等水平。土壤酸碱度方面,本研究调查发现,目前各土壤类型土壤酸化现象较突出,旱地、林地 pH 值平均值分别为强酸性、极强酸性。采样区域地处亚热带,雨热资源丰富,土壤中钙、镁等微量元素大量淋失,加上施肥等人为管理措施和植物残体的分解,许多酸性物质

进入土壤,导致土壤酸化较为严重^[19]。土壤酸化促使土壤养分更快流失,土壤结构遭受破坏,最终导致土壤越来越贫瘠^[20]。建议对旱地和林地土壤选用碱性肥料或补施石灰以提高土壤 pH 值,缓解土壤酸化问题。

土壤肥力的变化受肥料用量、作物养分吸收、秸秆还田、气候变化、灌溉水源以及耕作方式等的影响^[21-22]。针对土壤退化问题,使用有机肥和改良剂的研究较多。除此之外,秸秆还田、生物改良、测土配方施肥等也是土壤改良的有效措施。本研究中,3 种农田土壤养分的演变机制尚需进一步探索,但农田土壤肥力的下降与人们长期以来“重种轻养”密切相关,而大量施用氮肥、生理酸性肥料也将导致土壤酸化加剧^[23]。

5 结论

本研究调查结果表明,广西河池市环江县土壤养分含量平均值表现为水田土壤 > 旱地土壤 > 林地土壤。普遍表现为全氮含量为较丰富,有机质含量处于中等水平以及速效钾含量较缺乏等;强酸性土壤样品数所占比例是 20 世纪 80 年代调查结果的 5.64 倍,旱地和林地土壤酸化现象十分普遍,92.86% 的旱地和 100% 的林地土壤为强酸性或极强酸性土壤。建议对调查区农林土壤适量增施钾肥,适当施用有机肥、生物有机肥或有机-无机复混肥,对旱地农业或林地土壤选用碱性肥料或补施石灰以提高土壤 pH 值,缓解土壤酸化问题。

参考文献:

- [1] 张耀华. 喀斯特峰丛洼地不同退耕类型土壤肥力评价研究[D]. 重庆:西南大学,2016.
- [2] Vestberg M, Saari K, Kukkonen S, et al. Mycotrophy of crops in rotation and soil amendment with peat influence the abundance and effectiveness of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in field soil [J]. *Mycorrhiza*, 2005, 15(6): 447-458.
- [3] 易杰祥, 吕亮雪, 刘国道. 土壤酸化和酸性土壤改良研究[J]. 热

- 带生物学报, 2006, 12(1): 23-28.
- [4] 吕 军. 土壤改良学[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2011.
- [5] 邵兴华, 徐金仁, 张建忠, 等. 长期施肥对旱地红壤肥力和酶活性的影响[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(2): 266-269.
- [6] 罗世琼, 杨雪鸥. 烤烟石灰性黄壤肥力状况及其与土壤微生物的关系[J]. *广东农业科学*, 2013(14): 78-80.
- [7] 李 果. 贵州喀斯特地区不同土地利用方式下土壤理化性质与土壤肥力评价[D]. 重庆:西南大学, 2017.
- [8] 杨 皓, 胡继伟, 黄先飞, 等. 喀斯特地区金刺梨种植基地土壤肥力研究[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(3): 50-55.
- [9] 孙 昕, 李德成, 赵玉国, 等. 广西宜州市蔗田土壤肥力的诊断和数值化综合评价[J]. *土壤学报*, 2010, 47(3): 589-592.
- [10] 邓富春, 覃其云, 颜 权, 等. 桉树人工林土壤肥力变化及其综合评价[J]. *广西林业科学*, 2013, 42(2): 148-152.
- [11] 樊东函, 荣 慧, 梁 刚, 等. 尾巨桉萌芽林土壤肥力变化及施肥研究[J]. *桉树科技*, 2013(2): 9-14.
- [12] 覃祚玉, 蒋雪刚, 唐 健, 等. 广西黄冕林场桉树萌芽林土壤肥力变化分析[J]. *南方农业学报*, 2014, 45(3): 429-433.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社, 2000.
- [14] 湖南省农业厅. 湖南土壤[M]. 北京:中国农业出版社, 1989.
- [15] 潘永敏, 郑 俊, 沈 兵, 等. 苏中地区县域农田土壤肥力综合评价——以江都市为例[J]. *地质学刊*, 2011, 35(2): 170-176.
- [16] 广西土壤肥料工作站编. 广西土壤[M]. 南宁:广西科学技术出版社, 1994.
- [17] 熊顺贵. 基础土壤学[M]. 北京:中国农业科技出版社, 2001.
- [18] Karen D L, Rosew M J, Gardner J C, et al. Conservation Reserve Program effects on soil quality indicators[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1999, 54(1): 439-444.
- [19] 胡忠良, 潘根兴, 李恣卿, 等. 贵州喀斯特山区不同植被下土壤 C、N、P 含量和空间异质性[J]. *生态学报*, 2009, 29(8): 4187-4195.
- [20] 牙翠莲. 湛江农垦蔗田土壤肥力变化及改良对策[D]. 南宁:广西大学, 2014.
- [21] 王伟妮, 鲁剑巍, 鲁明星, 等. 水田土壤肥力现状及变化规律分析——以湖北省为例[J]. *土壤学报*, 2012, 49(2): 319-330.
- [22] 李俊强, 林利华, 张 帆, 等. 施肥模式对茶叶营养累积及土壤肥力的影响[J]. *江苏农业科学*, 2019, 47(7): 170-174.
- [23] 马艳春, 姚玉新, 杜远鹏, 等. 葡萄设施栽培不同种植年限土壤理化性质的变化[J]. *果树学报*, 2015, 32(2): 225-231.