

贵州喀斯特与非喀斯特农业生态 地质环境质量对比研究^①

任明强¹, 张家德¹, 卢正艳¹, 罗明学¹, 毕坤¹, 陈蓉²

(1. 贵州省地质矿产局, 贵州 贵阳 550004; 2. 贵州大学矿业学院, 贵州 贵阳 550003)

摘 要:为寻求喀斯特地区农产品低劣的根源,通过调查和采样测试对比研究了贵州碳酸盐岩和非碳酸盐岩地质环境和农作物产品质量的差异。结果表明:(1)非碳酸盐岩的微量元素含量为 10.8942×10^{-3} ,而碳酸岩的为 35.3227×10^{-4} ;非碳酸盐岩地区耕作土中有效态微量元素含量为 3.2605×10^{-4} ,碳酸盐岩分布区的耕作土仅为 1.014×10^{-4} ,彼此相差3倍;(2)优质农作物多产于非碳酸盐岩地区,随机调查贵州省内38个优质水稻产地,有33个位于非碳酸盐岩地区,仅有5个在碳酸盐岩区。茶叶、马铃薯、西瓜等也有此类规律。由此认为,喀斯特环境缺乏多种矿物营养元素,是形成其农作物质量低下的根本原因,也是贵州喀斯特农业生态环境脆弱的内在原因。

关键词:喀斯特;农业生态地质;矿物营养元素;喀斯特地区;非喀斯特地区;贵州
中图分类号:S158 **文献标识码:**A

0 前言

喀斯特地区农业地质生态环境脆弱,土壤贫瘠,农产品产出率和品质低下,前人曾采用多种方法对之进行治理,但均没有取得突破性的进展。本文通过贵州喀斯特与非喀斯特农业生态地质环境质量对比研究,旨在寻求喀斯特农业生态环境脆弱的根本原因,在这个基础上有的放矢地弥补农作物生长过程中的元素缺陷,以解决喀斯特地区农业产出率低、农村贫穷落后的问题。

1 喀斯特与非喀斯特地质环境对比

1.1 岩石矿物成分特征

碳酸盐岩与非碳酸盐岩构成了贵州各具特色的两大地质背景,碳酸盐岩主要由石灰岩和白云岩组

成,钙、镁的含量相对较高,占总化学成分含量的90%以上,而其它元素成分含量不足总量的10%。矿物种类少,主要矿物为方解石、白云石,占岩石矿物总量的50%以上;次要矿物有石英、文石、水云母等,通常占岩石矿物总量的5%~25%;少量矿物有石英、黄铁矿、褐铁矿、云母等,含量通常小于岩石矿物总量的5%。由此决定了碳酸盐岩矿物营养物质种类贫乏;非碳酸盐岩以硅、铝为主,主要由砂岩及粘土岩组成,主要矿物为石英及粘土矿,占岩石矿物总量的50%以上;次要矿物有长石、绿泥石、绿帘石、锆石、电气石、金红石、黑云母、水云母、黄铁矿、褐铁矿、粘土等,通常占岩石矿物总量的5%~25%;少量矿物有方解石、玉髓、水云母等,含量通常小于岩石矿物总量的5%。总之,非碳酸盐岩的矿物质种类多,营养物质来源丰富(表1)。

① 基金项目:国家重大基础研究发展规划项目(2006CB403202)和贵州省国土厅农业地质项目

第一作者简介:任明强(1968-),男,高级工程师,从事环境地质调查及研究工作。

通讯作者:陈蓉(1964-),女,高级工程师,从事农业地质与环境地质教学和研究工作, E-mail: re.chen@gzu.edu.cn.

收稿日期:2009-04-29

表 1 碳酸盐岩与非碳酸盐岩的矿物成分
Tab. 1 Mineral composition of carbonate rock and non-carbonate rock

	岩石类型	主要矿物 (>50%)	次要矿物 (5%~25%)	少量矿物 (<5%)
碳酸盐岩类	纯石灰岩	方解石	文石	石英、黄铁矿、云母
	纯白云岩	白云石 方解石		石英、云母
	白云质灰岩	方解石	白云石、文石	石英、黄铁矿、褐铁矿
	砂质灰岩(粉砂质)	方解石	石英	云母、黄铁矿、褐铁矿
	泥灰岩	方解石	白云石、水云母	黄铁矿、石英、褐铁矿
	硅质白云岩	白云石	石英	黄铁矿
	泥质白云岩	白云石	水云母	石英、黄铁矿
	粉砂质泥灰岩	方解石	石英、水云母	黄铁矿
非碳酸盐岩类	石英砂岩	石英	长石、绿泥石、绿帘石、锆石、电气石、金红石、黑云母、水云母、粘土	方解石
	砂岩	石英、粘土	黄铁矿、锆石、电气石、褐铁矿、	铁质、玉髓、水云母
	粉砂岩		长石	方解石
	粘土岩	粘土、水云母、石英	黄铁矿、重晶石、褐铁矿	

注:据贵州省农业地质环境调查报告整理

1.2 岩石化学成分特征

2007 年贵州省农业地质环境调查中,采集不同时代不同岩性 38 件样品,分析测试 Mn、Mo、V 等 62 种微量元素和 P、K、Ca、Mg、Fe、Si 以及 Al 7 种大量元素,发现贵州碳酸盐类岩石中石灰岩、白云岩的 CaO、MgO、Cr 呈高背景分布,即岩石富钙镁,土壤贫钙镁,农作物缺钙镁^[1]。而农作物生长需要的微量元素和有益元素 Fe、Cu、Zn、Mn、B、N、V、P、Co、Ni、K 等则常常缺乏^[1]。非碳酸盐类岩石中SiO₂、Al₂O₃ 远高于碳酸盐类岩石中含量(表2)。对石灰岩、白云岩等碳酸盐岩以及碎屑岩、变质岩等非碳酸盐岩类岩石中元素含量统计对比,碳酸盐岩岩石中微量元素含量为 35.322 7×10⁻⁴,仅是非碳酸盐岩 108.942×10⁻⁴的三分之一,大量元素和有机质含量也远小于非碳酸盐岩,pH 值更偏碱性,而非碳酸盐类岩石则偏中酸性(表3)。

1.3 耕作土特征

1.3.1 耕作土矿物营养元素含量

贵州 93%的地貌属于山地,地形起伏大,岩石裸露程度高,是我国岩石出露比例最高的省份,原地堆积的耕作土分布最多最广。这种原地堆积耕作土的矿物成分和元素具有岩石物质来源的继承性。2007 年在贵州省农业地质环境调查中,通过采集 40 件样品分析测试,结果表明非碳酸盐岩地区母土的元素总含量、有机质等都比碳酸盐岩地区的含量高(表4),pH 值偏酸性,非碳酸盐岩地区的耕作土元素总含量为 93×10⁻²,碳酸盐岩地区为 90.31×10⁻²,但是耕作土受人为因素影响较多。

表 2 碳酸盐岩类和非碳酸盐岩类岩石中部分元素(或氧化物)平均含量统计表
Tab. 2 The mean content of some elements (or oxide) in carbonate rock and non-carbonate rock

元素	单位	非碳酸盐岩类岩石			碳酸盐岩类岩石		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
Hg		177	6	40	51	6	24
Cd		2431	22	297	916	31	160
Cu		137.8	0.2	35.6	21.1	0.9	7.6
As		19.8	1.2	6.9	16.6	1.7	7.3
Ni		125.2	1.4	51.1	34.4	1.2	10.8
Cr		324.0	17.5	87.2	52.0	6.1	22.4
Pb		29.4	9.1	18.0	23.5	1.8	7.2
Sb	×10 ⁻⁶	2.41	0.08	0.62	1.73	0.12	0.42
Zn		269	8	92	28	3	17
Mn		1548	73	578	489	37	184
Mo		46.15	0.10	3.58	4.32	0.12	0.92
N		2917	73	666	288	12	74
B		141.0	8.2	59.7	36.7	1.0	12.6
V		727.5	23.9	164.8	42.8	2.4	20.4
P		1673	56	517	348	49	148
Se		2.176	0.035	0.285	0.267	0.035	0.089
Co		44.8	0.9	15.8	9.5	0.5	3.9
S		9063	28	742	2847	161	736
SiO ₂		86.46	32.88	56.57	85.98	1.00	15.39
Al ₂ O ₃		18.93	5.57	13.20	8.69	0.12	2.53
Fe ₂ O ₃		16.48	1.20	6.57	2.94	0.02	1.08
MgO	×10 ⁻²	10.27	0.28	2.57	19.97	0.23	6.61
CaO		20.13	0.05	5.06	53.57	4.60	36.85
Na ₂ O		3.18	0.03	0.83	0.06	0.02	0.03
K ₂ O		4.62	1.22	2.96	2.68	0.02	0.86

注:资料来自贵州省农业地质环境调查报告(2007)

表3 碳酸盐岩与非碳酸盐岩元素总量统计表
Tab.3 Total element content in carbonate rock and non-carbonate rock

岩石类型	微量元素 ($\times 10^{-4}$)	大量元素 (%)	有机质 (%)	pH
非碳酸盐岩	108.942	89.31	0.41	7.24
碳酸盐岩	35.322 7	69.47	0.14	9.03

注:据贵州省农业地质环境调查报告(2007年)

1.3.2 耕作土的有效态元素

有效态元素是农作物最容易吸收的营养物质,耕

作土是输送有效态元素的主要场所。在贵州茶叶品质与地质环境调查^[2]、黔南烤烟的农业地质种植试验研究^[3]、2007年在贵州省农业地质环境调查中,对贵州黔南、黔中、黔西南、黔北、黔东不同年代碳酸盐岩与非碳酸盐岩分布区的耕作土,采集样品80余件,选择其中10个样品进行Ca、Mg、Cu、Zn、Mo、P、Fe等10种元素有效态含量分析,统计结果,非碳酸盐岩地区耕作土中有效态微量元素含量为 3.2605×10^{-4} ,碳酸盐岩分布区耕作土为 1.014×10^{-4} ,前者有效态释放量高于后者3倍(表5),也就是说碳酸盐岩分布区耕作土的有效态仅为前者的三分之一。

表4 耕作土、母土的主元素和微量元素、有机质含量比较

Tab.4 Comparison of macro element, trace element and organic matters in cultivated soil and parent soil

岩石类型	耕作土			母土			
	大量元素总量 ($\times 10^{-2}$)	有机质(%)	pH	大量元素总量 ($\times 10^{-2}$)	微量元素总量 ($\times 10^{-6}$)	有机质(%)	pH
非碳酸盐岩	93	1.47	6.99	90.86	15 166	1.31	5.72
碳酸盐岩	90.31	1.60	7.19	90.09	14 568	0.71	6.76

注:据贵州省农业地质环境调查报告(2007)

表5 碳酸盐岩与非碳酸盐岩地区耕作土有效态元素对比表

Tab.5 Comparison of the effective element content from cultivated soil in carbonate and non-carbonate area

岩土性质	元素总量($\times 10^{-4}$)	钙镁含量($\times 10^{-4}$)	微量元素($\times 10^{-4}$)	环境质量
碳酸盐岩地区耕作土	9.506	8.492	1.014	富钙镁
非碳酸盐岩地区耕作土	6.600	3.339 5	3.260 5	富微量元素

注:据贵州省农业地质环境调查报告(2007年)

1.3.3 喀斯特和非喀斯特地区岩石补偿土壤矿物元素的能力

自然条件下,耕作土的矿物营养元素来自于母岩风化,而母岩供给土壤中各种元素的速度可以用岩石的风化成土速度决定。碳酸盐岩中纯石灰岩和白云岩很难形成土层,风化形成一厘米厚度的土,大约需要一万年左右,而且成土母岩的成分以钙镁元素为主^[4],其它的大量元素和微量元素比较缺乏。而非碳酸盐岩易于风化,成土速度快,岩石耕作土的物质交换频繁,很多情况下岩石和土壤界线模糊,甚至农作物直接种植在岩石中,两者共同成为农作物的生长场所。而且非碳酸盐岩中的矿物元素十分丰富,母岩风化过程中其元素能源源不断地对土壤进行补充。

2 喀斯特与非喀斯特区农产品质量特征

喀斯特和非喀斯特地区农产品品质特征,是开展农业地质的重点调查对象,2000年到2007年我们在进行优质农产品调查中,先后采集贵州省内17个水稻样品作生物化学成分测试。淀粉和蛋白质的化学成分数据表明^[5],非碳酸盐岩地区水稻的品质好于碳酸盐岩地区(表6)。在2007年贵州农业地质环境调查与评价项目中,我们随机抽查贵州省内38个优质水稻产地,发现有33个位于砂岩、页岩及砂页岩等非碳酸盐岩分布地区,仅有5个在碳酸盐岩分布区。根据2003年农业地质环境与贵州名优茶统计,品质优良的茶叶其茶多酚含量高,非碳酸盐岩地区的茶叶茶多酚含量平均值为24%,而碳酸盐岩地区仅为17%,而

且 70% 的名优茶产在非碳酸盐岩分布地区。2009 年贵州省评比省级名茶 10 个,80% 的名茶产于非喀斯特地区。2007 年对贵州威宁县马铃薯化学成分进行分析,结果表明非碳酸盐岩地区马铃薯品质高也与岩石密切相关(表 7)。另外贵州优质烤烟^[2]、从江县椪柑和榕江县西瓜等,大多数都产于非喀斯特地区。在喀斯特地区仅有辣椒、花椒等少量的优质农产品。

表 6 贵州水稻化学成分对比表
Tab. 6 Chemical composition of rice in Guizhou

地质环境	样品数 (个)	总淀粉 (%)	支链淀 粉(%)	直链淀 粉(%)	蛋白质 (%)
非碳酸盐岩区	17 个样平均	60.21	45.36	14.89	6.87
碳酸盐岩区	15 个样平均	56.2	41.7	14.4	6.37

注:样品采于 2004 年到 2007 年,由贵州粮油质量检验中心测试

表 7 贵州威宁马铃薯化学成分对比表
Tab. 7 Chemical composition of potato
in Weining, Guizhou

地质环境	样品数(个)	总糖(%)	淀粉(%)	蛋白质(%)
碳酸盐岩区	3 个样总量	0.38	12.27	1.73
非碳酸盐岩区	4 个样总量	0.39	12.82	2.05

注:据贵州省农业地质环境调查报告

3 分析与讨论

对比研究贵州喀斯特与非喀斯特农业生态地质环境,其目的是寻求喀斯特地区农业生产落后的本质原因并探索解决途径。通过前述发现,喀斯特与非喀斯特两大农业生态地质环境的主要区别之一是矿物营养元素含量的多寡。矿物营养元素是关系农作物生长优劣的一个关键因素,也是制约喀斯特地区农业生产的瓶颈。

3.1 矿物元素对农业地质环境质量的影响

矿物营养元素是农作物生长中有机物形成和维护生理功能代谢平衡不可缺少的物质,它们在农业生态非均衡自然系统中,以整体性、组合性、多元性、平衡性和特殊性参与酶类、蛋白质、糖分等物质的形成,是保证农产品优质、高产、高效和农业生产可持续发展的重要环节^[6]。目前农业部门已研究查明 N、P、K、Ca、Mg、Si、Al、Fe、Na、Cu、Mn、Mo、Zn、B、V、Co 和 S 等 17 种元素与农作物的生理关系^[7]。农作物中的矿物营养元素主要来源于土壤;土壤中的矿物营养元素

与岩石背景密切相关。贵州喀斯特地区生长的农作物,有多种矿物元素如钙、镁、锌、锰和硼等在矿物营养元素循环中常常处于缺乏状态,严重影响农作物的生长发育。诺贝尔奖的两次得主,美国著名化学教授兰纳斯·鲍林博士明确指出“人类所有疾病均可源自矿物元素缺乏”^[8]。德国科学家伯特兰德,建立了生物最佳质量效应的矿物营养饱和定律^[9],要求矿物营养元素达到平衡饱和状态。农作物产量不高,质量不到位,是由于大多数营养元素特别是微量矿物营养元素无法满足生物生长所需的原因。可见,矿物元素对农作物起着至关重要的作用。换言之,农作物生长环境中矿物元素丰富则作物茂盛,反之作物稀疏枯萎。所以提出矿物元素是地质与农业结合的切入点^[10]。

3.2 喀斯特农业生态地质环境脆弱的内在原因

土壤是农作物的直接生长场所,而岩石对土壤的形成具有控制作用。总体上看,贵州省非碳酸盐类岩石抗风化能力差,易于风化,成壤速度快,风化形成硅铝岩屑型砂土、亚砂土以及含砾砂土,土壤具颗粒粗、孔隙多、粘性小、风化不彻底和岩土界线不清楚等特点。碳酸盐类岩石硬度高、裂隙不发育、不易破碎,以溶蚀作用为主,成壤速度非常慢,风化过程中钙镁大量流失,残留下来的物质以粘土为主,岩石和土的界限十分清楚。碳酸盐类岩石的这种风化成土过程导致了喀斯特地区土壤矿物营养元素接受持续补给的渠道不畅,原本缺乏矿物元素的喀斯特土壤不可能在自然条件下获得改观。贵州有 78.6% 的中低产田,土地不肥沃,产出率低,品质差,都与喀斯特环境有关。喀斯特农业生态环境的矿物营养物质先天不足,追根溯源是碳酸盐岩形成时的特殊物质组份来源、沉积环境、成岩过程以及后期的风化剥蚀作用等造成,这是喀斯特农业生态地质环境为什么脆弱的根本原因。

弄清喀斯特地区农业生态环境质量低劣脆弱的内在原因,对从根本上治理喀斯特农业生态地质环境脆弱性具有重要的现实意义。之前人们曾总结出了封山育林、小流域治理、坡改梯田等十余种喀斯特农业生态地质环境治理模式,但他们都是从制约喀斯特环境的外部因素入手,难以达到提高农业产出率的最佳效果。鉴于喀斯特与非喀斯特地区矿物营养元素种类及含量的明显不同,以及矿物营养元素在农作物生长过程中的重要作用,毕坤研究员于 2002 年提出用非碳酸盐岩地区的普通岩石资源,整体提取其中的多种元素合成多元素液态肥料,以补偿碳酸盐岩地区农作

物生长中各种矿物元素不足的缺陷^[11,12],经过多年试验证明这种方法效果很好,是弥补喀斯特土壤质量缺陷和提高喀斯特地区农作物产出率的一条新途径。

4 结 论

(1)矿物种类、矿物元素含量、土壤元素总量、有效态微量元素含量以及土壤中矿物元素的补偿能力等的对比研究结果表明,非喀斯特地区的农业生态环境质量优于喀斯特地区农业生态环境质量。

(2)碳酸盐岩矿物元素贫乏是喀斯特农业生态环境脆弱的内在因素;地形地貌、气候条件、人类活动等因素是喀斯特分布区农业生态环境脆弱的外动力条件,二者共同作用导致了喀斯特农业生态环境脆弱。

(3)利用非碳酸盐岩地区的普通岩石资源,整体提取其中的多种元素生产多元素液态肥料,从源头上补偿碳酸盐岩地区农作物生长中各种矿物元素不足的缺陷,是治理喀斯特脆弱环境的一种有效新方法。

参考文献

- [1] 毕坤,王尚彦,等.农业生态地质环境与贵州优质农产品[M].北京:地质出版社,2003:1-116.
- [2] 毕坤.论贵州茶叶矿物元素研究[J].贵州地质,1997,14(1):9-20.
- [3] 毕坤.黔南烤烟的农业地质种植试验研究[J].贵州地质,1994,11(1):75-80.
- [4] 高尚玉,毕坤.喀斯特农业生态环境钙镁补偿研究[J].贵州地质,1995,12(1):75-80.
- [5] 陈蓉,毕坤.贵州地质环境与优质大米关系研究[J].贵州工业大学学报,2003,32(5):98-102.
- [6] 毕坤.论矿物元素在农作物中的综合平衡效应[J].贵州地质,1998,15(1):61-67.
- [7] 陈晓远.植物营养与肥料学[M/OL]. site.sgu.edu.cn/ydsyzx/netppt/course/plant1.ppt 2009-02-24.
- [8] 孙大泽.矿物元素均衡与人体健康[J/OL].中国微量元素健康网.(61209195.1086.cn/chinasupplier/web—style/48/Trade—info.asp? classid=0&id=880776&company—id=234930)
- [9] 杨浩.农产品地质学及其发展前景[C]//中国地球化学学会.80年代地质地球化学进展.重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1990,288-292.
- [10] 陈蓉,毕坤.论矿物元素是地质与农业结合的切入点[J].国土资源管理,2003(5):53-57.
- [11] 毕坤.论潜在资源在生态农业中的作用[J].贵州地质,1995,12(4):334-350.
- [12] 毕坤等.用潜在资源提取有效态元素研究[C]//中国地质学会农业地质专业委员会.中国农业地质研究新进展.北京:中国大地出版社,2003,166-173.

Contrastive studies on agro-ecological geology environment quality between karst and non-karst area in Guizhou

REN Ming-qiang¹, ZHANG Jia-de¹, LU Zheng-yan¹, LUO Ming-xue¹, BI Kun¹, CHEN Rong²

(1. Guizhou Bureau of Geology and Mineral, Guiyang, Guizhou 550004, China;

2. Mineral College of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550003, China)

Abstract: The karst environment takes up 61.9% in area in Guizhou province, which leads to weak environment and backward economy. Contrastive studies on element content of rock, soil and agricultural production in carbonate rock area and non-carbonate rock area are made in order to find factors leading to low output and poor quality of agricultural products in karst area. The study shows that carbonate rock lacks nutrient elements with the trace element content in carbonate rock is only 35.3227×10^{-4} but the trace element content in clastic rock is up to 10.89421×10^{-3} . The effective element content in cultivated soil delivered from carbonate rock is low to 1.014×10^{-4} but up to 3.2605×10^{-4} in cultivate soil delivered from clastic rock. The effective element content and total element content in cultivated soil delivered from clastic rock are 3 times higher than that from carbonate rock. High quality agriculture products such as rice, potato and tea mainly produced in non-carbonate area. And it is believed the low output and quality of products is resulted from the above-mentioned low trace element content and poor agriculture environment.

Key words: karst; agro-ecological geology; nutritive elements; karst area; non-karst area; Guizhou