

文章编号:1001-4810(2009)03-0308-05

喀斯特山区不同复种指数条件下的土壤质量变化 ——以普定县猫洞小流域为例

廖婧琳^{1,3}, 苏跃², 李航⁴, 刘方⁵, 冯泽蔚²

(1. 贵州财经学院大发达地区经济发展研究中心, 贵州 贵阳 550004; 2. 贵州省农业厅, 贵州 贵阳 550001;
3. 贵州财经学院旅游管理学院, 贵州 贵阳 550004; 4. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716;
5. 贵州大学环境与资源研究所, 贵州 贵阳 550003)

摘要:选择贵州中部喀斯特山区普定县猫洞小流域地区,通过长期受不同生产行为影响的区域(低复种旱作区、高复种旱作区、高复种复合农作区)的土壤采样分析,结果表明:喀斯特山区小流域土壤在长期不同生产行为影响下,从低复种指数旱作区、高复种指数旱作区到高复种指数复合农作区,土壤容重、粘粒含量减小,而土壤有机质、腐殖酸含量、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、土壤呼吸强度、脲酶、磷酸酶、蛋白酶活性含量依次增大,土壤全钾含量和过氧化氢酶活性却依次减小。聚类分析结果进一步表明:高复种复合农作区土壤保肥、保水、供肥等状况最好;而低复种旱作区土壤质量和供肥、保肥、保水等性状最差。上述结果说明,农户的不同生产行为对土壤质量有一定的影响。

关键词:喀斯特;小流域;土壤质量;农户生产行为

中图分类号:S158.3 **文献标识码:**A

喀斯特地区多为峰林、峰丛、峡谷地貌;溶蚀、水蚀作用显著;土壤浅薄,土被不连续,蓄水能力弱;植物生长缓慢,生态环境脆弱,系统的稳定性和自我恢复能力较低。喀斯特山区土层较厚的地带大部分被开垦为耕地,形成以玉米为主的农业生态系统。这类生态系统结构简单,在过度的人为干扰作用下,使得原来的植被类型、覆盖状况及土壤质量发生了很大的变化^[1~3]。本文以贵州普定喀斯特山区猫洞小流域为例,探讨农户生产行为影响下土壤质量的变化规律,以期为其脆弱的生态环境保护与治理提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区基本情况

普定县位于贵州省中部偏西,处于乌江上游三岔河(属长江水系)与打帮河(属珠江水系)分水岭的北

坡。气候属北亚热带季风性湿润气候,年均温度15.1℃,无霜期为289天,年均相对湿度85%,年均降雨量1396.9mm,降雨季节多集中在5至9月份。猫洞小流域在普定县下游的猫洞乡境内,位于三岔河南岸,涉及可处、补堆、大荒地、红岩、熬硝坝、挂多等村寨,面积约15km²,属于峰丛型小流域。小流域内部分山顶有保存较好的乔木林,也有因人为破坏而导致退化的灌木林地和灌丛草地。本区大部分成壤母质以碳酸盐岩(石灰岩和白云岩)为主,碳酸盐岩经过长期风化而形成的石灰土,土层浅薄且不连续,一般厚度为30~50cm,土壤质地粘重,呈弱碱性。缓坡土层厚的地方为主要旱耕地,沟谷溪水两侧分布少量水田,沟谷坡上分布着村落。本区域农业人口多,种植业比重大,以旱作农业为主,玉米产量一般在3000~4500kg/hm²,产量较低,施肥是提高作物产量的主要措施。

基金项目:国家重点基础研究(973)项目(2006CB403200)、贵州财经学院人口·资源与环境经济学重点学科资助项目、贵州省高等学校人文社会科学基础研究基地基金项目(200506)、贵州省高层次人才特助项目(TZJF-2007-10)

第一作者简介:廖婧琳(1974-),女,硕士,副教授,主要从事旅游资源开发研究和教学工作。

通讯作者:苏跃,博士,高级农艺师。E-mail:suyue0136@sina.com。

收稿日期:2009-02-18

根据农户对土地的利用方式,可将本小流域划分为3个区域:第一区域为低复种旱作农业区,位于山坡较陡峭地方,离村庄较远。该地区原生植被绝大部分受到破坏,局部地方存在些灌木草丛,土地开垦率在20%~50%,土壤较瘠薄,坡度较大,复种指数低。一年种植一季玉米,投入肥料以化学肥料为主,但施用量很少,耕作粗放。第二区域为高复种旱作农业区,位于山坡中底部,为主要旱坡地。该地区地势较平缓,多数土地被开垦为耕地,土地开垦率达50%~80%,旱地占耕地面积的80%~90%,种植作物主要为玉米、烤烟、小麦、油菜,每年耕种两季或两季以上,复种指数较高,施肥以化肥和部分有机肥为主。第三区域为高复种复合农业区。该区域以村寨为中心,在村寨周围地势较高的地段,为长期种植作物的旱地,主要种植蔬菜、玉米、烤烟、油菜等;在地势低洼的地段主要种植水稻、油菜,稻田占耕地面积的30%~50%;一年种植两到三季,复种指数较高,施用大量的有机肥和化肥。以上三类农区简称:低复种旱作区,高复种旱作区,高复种指数的复合农作区。

1.2 土壤样品的采集和测定

于2007年7-9月(酶活性较高的夏末秋初)选取有代表性且母质相同(石灰岩)的3类农作区各13块样地。每个样地内选取5~8个样点,采集样点表层土壤(0~15 cm)混合。每一样点采样2份,1份装入无菌封口塑料袋,并迅速带回实验室进行土壤呼吸的测定,另1份供土壤酶活性及理化性质测定之用,样品重量1 kg左右。土壤有效磷采用Olsen法测定,有效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度法测定,有效钙和镁采用醋酸铵浸提-EDTA滴定法测定,其它项目采用常规的方法测定^[4,5]。土壤呼吸强度及酶活性测定方法按有关方法^[6-8]。

2 结果与分析

2.1 土壤质量变化特征

2.1.1 物理性质

小流域的土壤容重、土壤<0.01 mm和<0.001 mm粘粒含量大小顺序均是:低复种旱作区>高复种旱作区>高复种复合农作区(图1、图2),其中仅是低复种旱作区和高复种复合农作区的土壤容重、<0.001 mm粘粒含量差异达显著水平,而土壤<0.001 mm粘粒含量彼此间差异不显著。土壤孔隙度大小顺序正

好与其它物理性状相反:高复种复合农作区>高复种旱作区>低复种旱作区(图2),也仅是低复种旱作区与高复种复合农作区土壤孔隙度差异达显著水平。可见,农作区随着复种指数增加,特别高复种复合农作区由于人为投入大量的有机肥,粘粒含量明显地减少,孔隙度增大,容重减小,土壤物理性状得到了改善。

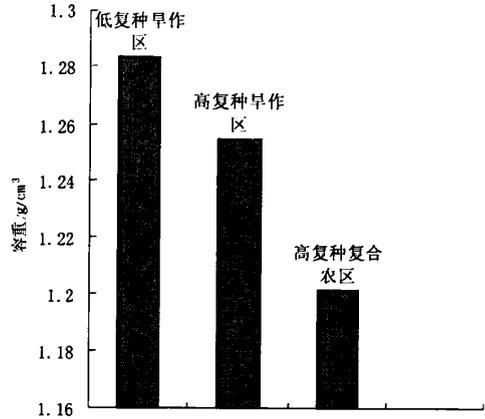


图1 不同复种指数区土壤的容重变化

Fig.1 Changes of the soil volume weight under different multiple crop indexes

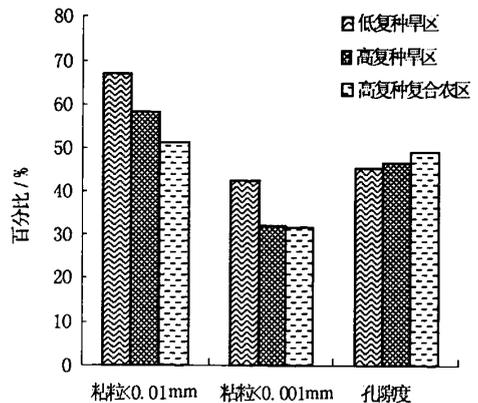


图2 不同复种指数区土壤的物理性状变化

Fig.2 Changes of soil clay content and porosity under different multiple crop indexes

2.1.2 化学性质

喀斯特山区的石灰土均呈弱碱性,在三类农作区土壤pH值的差异不显著(表1)。但由于农户生产中种植作物的种类、复种指数、耕作和栽培等方面的不同,喀斯特山区小流域农作区土壤化学性质也存在很大的变化:从表1可见,随着复种指数和耕作强度等增

表1 不同复种指数区土壤化学性质的平均值与标准差

Tab. 1 Mean value and standard deviation of soil chemical features under different multiple crop indexes

理化生指标	低复种旱作区 (n=13)	高复种旱作区 (n=13)	高复种复合农作区 (n=13)
pH	7.13±0.49aA	7.03±0.65aA	7.15±0.5aA
有机质/g/kg	41.87±10.34 bB	56.58±20.21bAB	77.99±38.6 aA
腐殖酸g/kg	13.5±4.15 bB	19.27±7.39abAB	25.57±12.94 aA
CEC/cmole/kg	24.67±8.87 bB	43.33±18.86 aA	32.73±9.7 bAB
交换钙/mg/kg	378.06±137.76 bA	486.66±171.64abA	512.08±137.43 aA
交换镁/mg/kg	101.01±33.89aA	122.22±69.53aA	96.92±27.03aA
全氮/g/kg	2.60±0.36 cB	3.29±0.70bB	4.35±1.03 aA
碱解氮/mg/kg	219.83±27.73 bB	248.88±55.77bB	322.08±78.07 aA
全磷/g/kg	0.75±0.36 bA	2.10±1.68aA	1.95±1.30 aA
速效磷/mg/kg	12.92±6.57 bA	17.32±8.88abA	20.31±2.36 aA
全钾g/kg	23.61±6.94aA	20.06±7.69aA	10.37±4.83bB
速效钾/mg/kg	127.54±35.23aA	130.15±38.77aA	137±48.2aA

注:表中数字为平均值±标准差,字母表示Duncan多重比较(SSR)的结果,不同小写字母处理间差异达到 p 为0.05的显著水平,不同大写字母处理间差异达到 p 为0.01的显著水平。

强,从低复种旱作区、高复种旱作区、高复种复合农作区土壤有机质、腐殖酸、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、交换性钙等的含量均表现为增大,土壤全钾含量变化则与上述相反,而土壤全磷、交换镁、CEC含量则均以高复种旱作区为最高。

2.1.2.1 土壤有机质及腐殖酸变化

研究区高复种复合农作区、高复种旱作区和低复种旱作区的土壤有机质平均含量分别为77.99 g/kg、56.58 g/kg、41.87 g/kg,仅低复种旱作区与高复种复合农作区间差异达极显著水平。土壤腐殖酸总量变化情况类似于土壤有机质。人为投入有机肥和作物种植方式不同,对土壤有机质和腐殖酸的含量影响较为明显。当喀斯特山区土壤农用后,垦植加快土壤有机质分解,同时由于人为投入有机肥的增加和大量作物根系等有机物回归土壤,导致土壤有机质含量从低复种旱作区→高复种旱作区→高复种复合农作区逐渐增多。

2.1.2.2 土壤氮、磷、钾养分的变化

土壤碱解氮、速效磷的养分含量变化均是:高复种复合农作区>高复种旱作区>低复种旱作区。其中仅高复种复合农作区与高复种旱作区、低复种旱作区间土壤碱解氮含量间差异达极显著水平;土壤速效磷的含量不同复种指数区土壤均差异显著;但速效钾含量差异不显著。生产过程中,农户为了追求高效产出,人工投入有机肥和化肥,它在提高了土壤的速效

养分含量的同时,也增加了对环境影响的潜能。

土壤全氮、全磷及全钾的含量大小顺序完全不同;土壤全氮含量大小是高复种复合农作区>高复种旱作区>低复种旱作区,低复种旱作区与高复种复合农作区的土壤全氮差异达极显著水平,其它各土壤间也均达显著水平;而土壤全磷含量从高到低的是高复种旱作区>高复种复合农作区>低复种旱作区,仅低复种旱作区与高复种旱作区、高复种复合农作区的土壤全磷含量达极显著水平;土壤全钾含量则和土壤氮磷含量相反,由高至低依次为低复种旱作区>高复种旱作区>高复种复合农作区,土壤全钾仅高复种复合农作区与低复种旱作区、高复种旱作区差异呈极显著水平,低复种旱作区与高复种旱作区土壤全钾含量差异不显著。

土壤速效磷含量与土壤全磷含量大小顺序的差异可能是因为为追求高的产出,高复种复合农作区和高复种旱作区投入较多的有机质和磷肥,所以速效磷和全磷含量高,但是高复种旱作区的土壤速效磷含量略低于高复种复合农作区。土壤中速效钾含量应该与土壤全钾含量有较高的正相关性,但本研究区土壤全钾与速效钾含量却表现出完全的负相关关系。其可能的原因一是当地农户没有施用钾肥的习惯,二是高复种复合农作区又较其它区复种指数高,高强度的复种导致钾流失,而且多复种也使得作物带走较多的钾,这可能是高复种复合农作区全钾偏低的原因。但高复

种复合农作区由于投入的有机肥较多,有机物分解可能使其速效钾含量又不太低。

2.1.2.3 土壤交换性钙镁及阳离子交换量(CEC)变化

土壤交换性钙含量仅高复种复合农作区与低复种旱作区间呈显著差异。而土壤交换性镁含量与土壤交换性钙含量顺序不同:高复种旱作区>低复种旱作区>高复种复合农作区,但土壤类型间差异不显著。低复种旱作区交换性钙含量较其它低的原因,可能是土壤施肥量少,而耕作又加快了钙的流失造成,高复种复合农作区和高复种旱作区可能因为施用有机肥,使其土壤结合了钙。土壤CEC含量大小顺序又不同:高复种旱作区>高复种复合农作区>低复种旱作区,高复种旱作区与低复种旱作区土壤CEC含量间存在极显著差异,高复种旱作区与高复种复合农作区土壤间差异也达到显著水平。

2.1.3 生物学性质

从表2可见,土壤呼吸强度、脲酶活性、磷酸酶活性和蛋白酶活性从大到小的均是:高复种复合农作区>高复种旱作区>低复种旱作区。其中高复种复合农作区与低复种旱作区土壤呼吸强度达显著水平,其它农作区土壤间未达显著水平。高复种复合农作区的土壤脲酶活性分别是高复种旱作区和低复种旱作区的1.41倍、4.33倍,各类农作土壤间差异均达极显著水平,说明各类土壤间氮代谢强度存在着极大差异。这可能与施肥提高了土壤的脲酶活性有关,这与邱莉萍、林瑞余等研究相同^[9,10]。各类农作土壤磷酸酶和蛋白酶活性大小之间差异均未达显著水平。这可能是各种酶共同参与有机质的降解有关。过氧化氢酶的活性变化与上面3种酶的情况完全不同,其大小顺序是:低复种旱作区>高复种旱作区>高复种复合农作区,仅低复种旱作区与高复种旱作区、高复种复合农作区间差异达极显著水平。

表2 不同复种指数区土壤生物学性质的平均值及标准差

Tab. 2 Mean value and standard deviation of soil biological features under different multiple crop indexes

生物学指标	低复种旱作区(n=13)	较高复种旱作区(n=13)	高复种复合农作区(n=13)
土壤呼吸强度/CO ₂ mg/kg, 28℃	802.47±198.14 bA	891.52±318.37abA	1192.94±590.4 aA
脲酶/mgN/g, 2h	245.06±36.55 cC	750.91±176.42bB	1060.7±270.77 aA
蛋白酶/NH ₂ μg/g, 50℃, 2h	45.97±11.29aA	48.08±17.08aA	53.95±25.57aA
过氧化氢酶/0.1mol/KMnO ₄ ml/g, 20min	2.75±0.36 bB	2.20±0.44bB	1.62±0.53 aA
磷酸酶/mgPhenol/g, 3h	1.20±0.60aA	1.24±0.66aA	1.3±0.57aA

注:表中数字为平均值±标准差,字母表示Duncan多重比较(SSR)的结果,不同小写字母处理间达到 p 为0.05的显著水平,不同大写字母处理间达到 p 为0.01的显著水平。

2.2 土壤质量变化评价

利用土壤生物指标和主要肥力因子关系^[9],筛选出土壤呼吸强度、蛋白酶和磷酸酶活性可作为这类土壤肥力指标,加上土壤有机质、腐殖酸、物理性粘粒、容重、土壤氮磷钾含量等常规肥力指标,以这10个指标作为评价指标,采用DPS软件对数据中心化处理,计算距离系数(欧氏距离法),然后选择最短距离法对土壤样品(n=39)的质量水平进行聚类分析。结果表明(图3),这些土壤的质量等级可大致分为3大类型(2-8、12、14-16号土壤为一类,1、9、11、13、22-26、37-39号土壤为一类,其他号土壤为一类)。

根据种植方式的不同,结合土壤肥力情况,初步将土壤质量变化分为3类:

I:该类土壤有机质和腐殖酸含量相对较高,土壤氮磷养分水平高,土壤粘粒含量适中,土壤结构性好,保肥保水性好,供肥能力强,土壤酶活性和土壤呼吸强度较高,属于较好的土壤类型。因该类土壤氮磷含量过高,可能会对生态环境将产生明显影响。其对应地主要为高复种复合农作区和部分高复种旱作区。

II:该类土壤有机质含量中等,速效氮、速效磷养分水平较好,钾养分水平偏低,土壤粘粒含量一般,土壤质地偏粘,土壤酶活性一般,土壤结构性、保肥保水性有待进一步改善,该类土壤理化性质差异较大。土壤较高的氮磷含量将造成喀斯特山区地表径流和浅层地下水的氮磷含量增高,并有可能对整个生态环境产生影响。该土壤类型对应的主要是高复种旱作区。

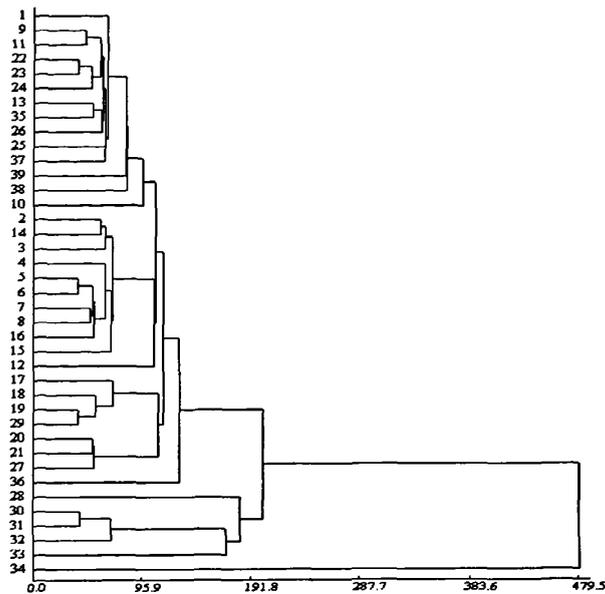


图3 土壤质量水平聚类分析结果

Fig. 3 The cluster analysis result of the soil quality

Ⅲ: 该类土壤质地较差, 有机质含量较低, 速效氮磷钾养分水平较低, 土壤粘粒含量偏高, 土壤质地偏粘, 土壤酶活性较弱, 土壤理化性质差异较大, 土壤结构性、保肥保水性较差。且坡度大, 可能会对生态环境产生潜在的影响。其对应主要是低复种旱作区。

3 小结

(1) 喀斯特山区农作模式从低复种指数旱作区、高复种指数旱作区到高复种指数复合农作区, 土壤容重、粘粒含量减小, 而土壤有机质、腐殖酸含量、全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、交换性钙、土壤呼吸强度、脲酶、磷酸酶、蛋白酶活性含量依次增大, 土壤全钾含量和过氧化氢酶活性则依次减小。低复种指数旱作区与高复种指数农区的土壤肥力有显著差异。

(2) 根据土壤有机质、物理性粘粒、氮磷钾含量、土壤活性强度、土壤蛋白酶和磷酸酶活性等进行聚类分析, 可将研究区的土壤质量分为3类: 第一类, 其土壤结构、保肥保水性能均较好, 供肥能力强, 属于较好的土壤质量类型, 对应的主要为高复种复合农作区; 第二类, 土壤结构性、保肥保水性有待进一步改善, 土壤理化性质差异较大, 其对应的主要是高复种旱作区; 第三类, 土壤结构性、保肥保水性较差, 其对应的主要是低复种旱作区。

(3) 喀斯特地区地下水与地表水存在直接联系, 施肥在提高土壤中氮磷含量的同时将会对山区水环境造成一定的影响。因此如何合理施肥, 减少对喀斯特山区脆弱生态影响, 还需要进一步研究。

参考文献

- [1] 苏跃, 刘方, 李航, 等. 喀斯特山区不同土地利用方式下土壤质量变化及其对水环境的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 65-68.
- [2] 刘方, 王世杰, 刘元生, 等. 喀斯特石漠化过程土壤质量变化及生态环境影响评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 639-644.
- [3] 龙健, 黄昌勇, 李娟. 喀斯特山区土地利用方式对土壤质量演变的影响[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 76-79.
- [4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000: 107-240.
- [5] 南京大学. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 1996: 33-107.
- [6] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 274-276.
- [7] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 125-198.
- [8] 郑洪元, 张德生, 等. 土壤动态生物化学研究法[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 173-265.
- [9] 邱莉萍, 刘军, 王益权, 等. 土壤酶活性与土壤肥力的关系研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(3): 277-280.
- [10] 林瑞余, 林豪森, 张重义, 等. 不同施肥条件对鱼腥草根际土壤酶活性及根系活力的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 280-284.

(下转第328页)

