

杨皓,李婕玲,范明毅,等.喀斯特山区无籽刺梨种植基地土壤质量特性[J].江苏农业科学,2016,44(3):385-389.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.03.107

喀斯特山区无籽刺梨种植基地土壤质量特性

杨皓^{1,2},李婕玲^{1,2},范明毅¹,胡继伟^{1,2},李朝婵¹

(1. 贵州师范大学贵州省山地环境信息系统与生态保护重点实验室,贵州贵阳 550001;

2. 贵州师范大学中国南方喀斯特研究院,贵州贵阳 550001)

摘要:以贵州喀斯特山区典型无籽刺梨(*Rosa sterilis* S. D. Shi)种植基地的根际土壤为对象,运用野外定点采样和室内分析方法,研究不同林龄的无籽刺梨种植基地土壤质量特征;采用空间替换时间的方法,分析土壤质量因子之间的关系及其影响因素,研究不同林龄的无籽刺梨种植基地土壤质量对植被恢复的响应。结果表明:不同林龄的无籽刺梨种植基地土壤化学、物理和生物指标差异明显,并且随着种植年限的增加,土壤质量有所改善;有机质、氮素、土壤酶活性、磷素和钾素是影响土壤质量的重要因子,对研究区的土壤养分循环与积累有重要的作用;无籽刺梨的种植有利于喀斯特石漠化地区生态修复和土壤质量的改善,可作为生态重建的经济树种。

关键词:土壤质量;无籽刺梨;喀斯特山区;种植基地;林龄;植被恢复

中图分类号:S182;S714.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)03-0385-05

贵州喀斯特山区石漠化是一种脆弱生态地质背景下与人类活动相关联的土地退化,人为干扰加剧了土壤质量的下降^[1],主要表现在地表形态的变化、土壤质量变劣和植被衰退^[2-3],其中土壤质量变化是石漠化的本质,重点表现在水土流失,土壤物理、化学和生物学性质退化以及土壤发生层次变化^[3]。植物修复是治理山区石漠化的一项重要措施,但由于石漠化的土壤碳酸盐成土速率较低,水土易流失,导致土壤贫瘠和肥力下降,极不利于植物生长,选择适应性好的植物种类至关重要。当前,学者们侧重于对沙漠地区土壤质量变化进行研究^[4],且以地表形态和植被变化分析为主,对喀斯特山区退化生态环境恢复与重建的研究相对较少,且针对无籽刺梨(*Rosa sterilis* S. D. Shi)进行植被恢复的研究未见报道。

无籽刺梨别称金刺梨,为蔷薇科蔷薇属植物,为浅根性果树,环境适应力强,产量高,结果期较长,果实营养丰富,含糖量高,富含多种维生素、氨基酸和微量元素^[5-7]。在植被恢复过程中,无籽刺梨因其较高的经济、社会与生态效益,成为贵州石漠化地区生态重建的首选经济树种之一,适宜在喀斯特地区栽种。利用无籽刺梨进行植被恢复有别于阔叶植物,对土壤性质变化的研究具有典型性和代表性^[8-10]。因此,本试验选择喀斯特山区植被恢复过程中的土壤质量变化进行研究,探讨无籽刺梨对土壤质量的影响程度和机理,以期对贵州喀斯特山区生态建设提供科学依据及理论基础。

1 材料与方 法

收稿日期:2015-07-28

基金项目:贵州师范大学研究生创新基金[编号:研创2014(25)];贵州省农业科技攻关计划(编号:黔科合NY[2015]3022-1号);贵州省科技计划(编号:黔科合J字LKS[2013]09号)。

作者简介:杨皓(1989—),男,四川广安人,硕士,从事喀斯特地区生态修复与区域经济研究。E-mail:yanghaosc1989@foxmail.com。
通信作者:李朝婵,博士,副教授,主要从事森林培育种苗繁育新技术研究。E-mail:chaochanl@gznu.edu.cn。

1.1 研究区概况

土壤质量是维持地球生物圈最重要的因子之一,易受成土环境和外部干扰的影响^[11]。试验根据果树林龄的不同,选择喀斯特山区不同林龄的无籽刺梨种植基地作为研究区,包括贵阳市乌当区、安顺市西秀区和黔西南州兴仁县,均位于贵州中西部,属于岩溶高原与丘陵地貌,也属于国家科技部划定的石漠化工程治理区域;属中亚热带季风湿润性气候,降水集中,无严寒和酷暑;研究区种植基地的无籽刺梨长势较好,初具规模和示范效应。以空间替换时间的方法研究无籽刺梨种植过程中土壤质量的变化,兴仁县为无籽刺梨的原产地,选择种植年限1~2年的无籽刺梨基地;西秀区为人工种植的较早产地,选择种植年限8~9年的无籽刺梨基地;乌当区为近年发展较好的产地,选择种植年限3~4年的无籽刺梨基地(表1)。

1.2 样品采集

于2014年11月中旬,在选定的3个采样地,采用GPS定位每个采样点的位置;在对研究区前期实地走访调查的基础上,按“S”形混合取样法,采集10~15个根际0~20cm土层深度的土样,包括环刀样和农化分析样;室内剔除石粒、植物块根,研磨,过100目筛,供试验与测试分析用。

1.3 样品分析

根据实验室条件,参照《森林土壤分析方法》和《土壤酶及其研究法》^[12-13],测定pH值、有机质含量、全氮含量、全磷含量、全钾含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量、有效锌含量、有效铁含量、有效铜含量和有效锰含量等土壤化学指标,土壤含水量、容重、田间持水量、总孔隙度和毛管持水量等物理指标以及土壤过氧化氢酶、蔗糖酶和脲酶活性等生物指标,均做平行测定和空白试验。有机质、全氮、全磷、全钾含量单位为g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾、有效锌、有效铁、有效铜、有效锰含量单位为mg/kg;土壤容重单位为g/cm³,土壤含水量、田间持水量、总孔隙度和毛管持水量单位为%;过氧化氢酶单位为mL/(g·20min)[以消耗的0.1mol/LKMnO₄体积数(mL)计

表1 无籽刺梨种植基地自然地理概况

研究区	地理位置	海拔 (m)	地层	岩性	年均温 ($^{\circ}\text{C}$)	年降水量 (mm)	植被土壤区
兴仁县(林龄1~2年)	26°29'N,105°29'E	1 430	永宁镇组	石灰岩	15.2	1 315	中亚热带常绿阔叶林红、黄壤地带
乌当区(林龄3~4年)	26°45'N,106°58'E	1 090	龙潭组	石灰岩	15.0	1 178	中亚热带常绿阔叶林红、黄壤地带
西秀区(林龄8~9年)	26°14'N,105°58'E	1 370	安顺组	石灰岩	14.8	1 356	中亚热带常绿阔叶林红、黄壤地带

算],蔗糖酶单位为 $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{d})$ [以葡萄糖质量(mg)计算],脲酶单位为 $\text{mg}/(\text{g}\cdot\text{d})$ [以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量(mg)计算]。

1.4 数据分析

对数据进行K-S正态性检验;采用Excel 2003和SPSS 19.0对土壤质量指标进行描述性分析、相关性分析和主成分分析等。

2 结果与分析

2.1 不同林龄的无籽刺梨种植基地土壤化学指标差异

喀斯特山区生态修复是一个长期而艰难的任务,具备植被恢复的气候条件,但长期的水土流失致使土体浅薄,土壤养分流失,土壤的调节与缓冲功能下降,导致植被生存的基础环境恶化,植被恢复极为困难。喀斯特山区生态修复的首要问题是提高该地区土壤的数量与质量,减少肥沃土壤的流失,为植被恢复提供适宜的土壤条件。有资料表明,土地利用方式变化,会导致土壤肥力情况也发生相应的变化^[14]。对不同林龄的无籽刺梨种植基地根际土壤样品进行分析(图1)发现,无籽刺梨的种植对喀斯特山区土壤肥力的影响是积极的,随种植年限的增加,土壤pH值从6.83降至6.38,土壤酸碱度呈下降趋势,可能是凋落物分解与根系分泌物作用所致;研究区有机质含量较为丰富,林龄3~4年达到最高值,这可能与种植初期基地加强管理有关,兴仁县有机质平均含量略低于贵州省第二次土壤普查有机质含量均值 38.7 g/kg 的结果^[15];全氮、碱解氮含量的变化趋势与有机质一致,这可能是土壤氮素有95%以上以有机态存在,矿化后才被植物利用,与贵州省耕地土壤耕层全氮含量均值 1.71 g/kg 和碱解氮平均含量 148.94 mg/kg 相比^[16-17],兴仁县个别样点存在缺氮情况,3地土壤均缺乏碱解氮;土壤全磷、全钾、速效磷和速效钾含量与全国第二次土壤普查结果相比^[18],兴仁县1~2年的林地均处于缺乏状态,经过一段年限种植,土壤磷素、钾素变化显著,乌当区和西秀区的磷素、钾素水平已处于适量状态。果树生长必需的微量元素锌、铁、铜、锰等微量元素主要靠土壤和施肥供给与维持,供求失衡将导致果树体内生理机能异常,出现病变^[19-20]。结果表明,研究区土壤微量元素变幅及变异系数较大,参照土壤微量元素分级标准^[17],兴仁县1~2年林地的微量元素含量较缺乏,处于较低水平,但随种植年限增加,微量元素含量有所增加,但平均含量差异不大。

2.2 不同林龄的无籽刺梨种植基地土壤物理指标差异

土壤含水量、容重、田间持水量、总孔隙度和毛管持水量是表征土壤质量的重要物理指标。由图2可知,随种植年限的增加,土壤物理指标变化明显,并呈现出种植时间越长,土壤质量提高越明显的趋势,这可能与种植活动中土壤的翻动和管理有关,说明喀斯特地区植被恢复与土壤质量改善具有长期性;随林龄增加,田间持水量、总孔隙度和毛管持水量呈逐渐增加趋势,土壤含水量出现一个小幅下降或平稳发展再

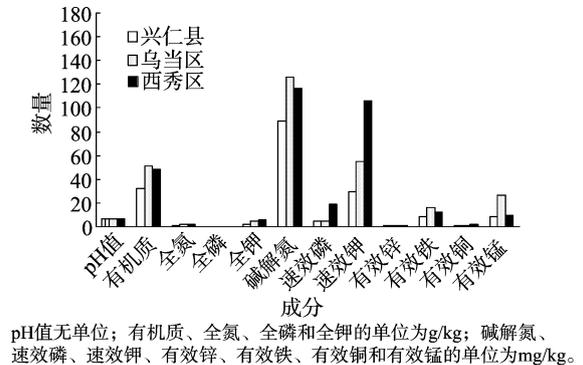


图1 无籽刺梨种植基地化学指标的基本情况

增加的趋势;一般认为,总孔隙度、田间持水量、矿质土壤水分含量分别为40%~50%、11.49%~26.90%、25%~60%时土壤质量较好,而研究区除兴仁县、乌当区的土壤含水量略低,且近4年变化不大外,其余指标均有所改善;土壤容重直接影响土壤孔隙度、通气状况和排蓄水能力,土壤容重越高,蓄水能力越差^[21],研究区土壤容重值均低于作物生长的土壤容重极值(1.6 g/cm^3);3个研究区土壤毛管持水量有明显差异,分别为11.53%、13.14%、13.39%。随着无籽刺梨林龄的增加,研究区植物根际土壤比例逐步提高,土壤疏松,再加上无籽刺梨的枯落物和根际分泌的有机酸作用,土壤生物活动加强,土壤容重逐年下降,土壤物理结构改善,土壤质量变好。由此可见,无籽刺梨的林龄越长,不仅有利于从宏观上改变当地面貌,而且对土壤物理指标有明显的改善作用。

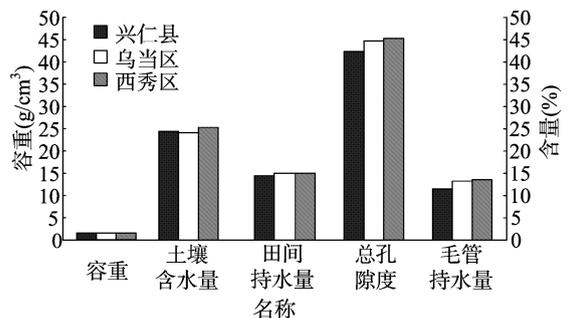


图2 3个研究区土壤物理指标的变化

2.3 不同林龄的无籽刺梨种植基地土壤生物学指标差异

土壤微生物活动和植物根系分泌物产生的土壤酶,在土壤物质能量转化中起到重要的催化作用,其活性时效性较强,对土壤环境条件变化表现较为敏感^[22],可作为反映土壤质量的生物学指标^[23]。研究土壤酶的活性强度,可及时反映土壤质量的现状和演变。由图3可知,喀斯特山区3个不同林龄无籽刺梨种植基地根系土壤酶活性大小为西秀(林龄8~9年)>乌当(林龄3~4年)>兴仁(林龄1~2年),随林龄增加,酶活性有递增趋势,且不同酶间差异较大;土壤蔗糖酶与土壤有机质、氮磷含量及微生物活动有关,其酶促作用直接影

响作物的正常生长^[24],随林龄增加,研究区蔗糖酶活性增加趋势较另外2种酶明显。另外,无籽刺梨冠幅较大,根系发达,可以增加截流降水,有助于中和土壤酸碱度,进而刺激土壤酶活性^[25]。喀斯特山区植被恢复是个复杂过程,无籽刺梨作为喀斯特山区生态修复的经济树种,随种植林龄的增加,土壤酶活性发生相应变化,有利于提高土壤质量。

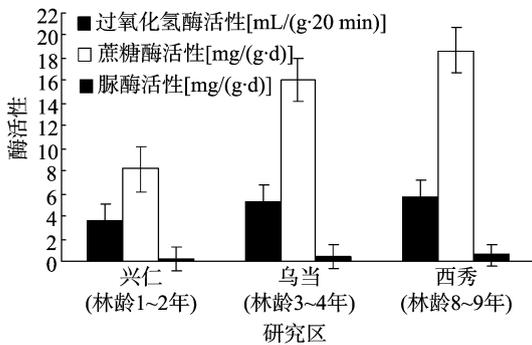


图3 3个研究区土壤酶活性的变化

2.4 无籽刺梨种植基地土壤指标的相关性

无籽刺梨种植基地土壤指标相关性分析(表2)表明,土壤化学、物理和生物指标两两之间存在一定的相关性;土壤有机质含量、全氮含量、碱解氮含量、全磷含量、速效磷含量、全钾含量和速效钾含量与3种酶活性多数有显著或极显著正相

关关系,这表明土壤酶活性对土壤质量提高有独特作用,与土壤氮、磷、钾、有机质含量等密切相关^[26];有机质含量与全氮含量、碱解氮含量、全钾含量、有效铁含量、总孔隙度和毛管持水量呈极显著正相关,与速效钾含量、田间持水量呈显著正相关;全氮含量与有机质含量、碱解氮含量、有效铁含量呈极显著正相关,与全钾含量、土壤含水量、田间持水量呈显著正相关;碱解氮含量与有机质含量、全氮含量、土壤含水量、总孔隙度呈极显著正相关,与有效铁含量、田间持水量呈显著正相关;全磷含量与速效磷含量、速效钾含量、有效铜含量呈极显著正相关,与全钾含量呈显著正相关;速效磷含量与速效钾含量、有效铜含量和有效锰含量呈极显著正相关,与pH值呈显著正相关;全钾含量与有机质含量、速效钾含量呈极显著正相关,与全氮含量、全磷含量、毛管持水量呈显著正相关;速效钾含量与全磷含量、速效磷含量、全钾含量、pH值呈极显著正相关,与有机质含量、有效锰含量、毛管持水量均呈显著正相关;pH值与速效钾含量、有效铜含量呈极显著正相关,与速效磷含量呈显著正相关,与有效铁含量呈显著负相关;土壤物理指标除土壤容重外,其余指标与土壤化学、生物指标都存在明显的相关性,特别是与有机质含量、氮素含量(全氮和水解氮)、土壤酶活性之间相关性较高。因此,有机质含量、氮素含量、土壤酶活性、磷素含量和钾素含量是影响土壤质量的重要因素,对该地区土壤养分循环与积累有重要作用。

表2 无籽刺梨种植基地土壤因子之间的相关系数

编号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	
X ₁	1.00																				
X ₂	0.75**	1.00																			
X ₃	0.68**	0.70**	1.00																		
X ₄	0.31	0.05	0.25	1.00																	
X ₅	0.29	-0.01	0.16	0.83**	1.00																
X ₆	0.50**	0.043*	0.23	0.40*	0.26	1.00															
X ₇	0.44*	0.26	0.27	0.70**	0.71**	0.53**	1.00														
X ₈	-0.11	-0.05	-0.06	0.35	0.47*	0.13	0.47**	1.00													
X ₉	0.71**	0.74**	0.70**	0.30	0.37	0.49**	0.54**	0.27	1.00												
X ₁₀	0.73**	0.68**	0.72**	0.48**	0.48**	0.49**	0.69**	0.28	0.85**	1.00											
X ₁₁	0.63**	0.50**	0.70**	0.58**	0.62**	0.42*	0.69**	0.27	0.74**	0.89**	1.00										
X ₁₂	0.08	0.06	0.06	0.27	0.26	0.14	0.47**	0.24	0.20	0.23	0.30	1.00									
X ₁₃	0.52**	0.49**	0.39*	-0.13	-0.08	0.21	0.03	-0.44*	0.30	0.34	0.24	0.00	1.00								
X ₁₄	0.15	0.07	0.13	0.48**	0.51**	0.32	0.72**	0.54**	0.38*	0.45*	0.58**	0.76**	0.26	1.00							
X ₁₅	0.24	0.09	0.04	0.35	0.68**	0.13	0.41*	0.34	0.30	0.34	0.33	0.14	0.03	0.28	1.00						
X ₁₆	0.34	0.41*	0.48**	0.22	0.02	0.17	0.24	0.28	0.40*	0.29	0.19	0.19	-0.07	0.22	-0.05	1.00					
X ₁₇	-0.23	-0.05	-0.22	0.01	-0.18	-0.05	-0.21	-0.16	-0.20	-0.13	-0.27	-0.43*	0.03	-0.43*	-0.07	-0.31	1.00				
X ₁₈	0.47*	0.38*	0.45*	0.15	0.23	0.05	0.04	0.08	0.30	0.38*	0.34	-0.18	0.21	-0.11	0.38*	0.26	-0.05	1.00			
X ₁₉	0.59**	0.32	0.52**	0.28	0.24	0.06	0.23	0.14	0.37*	0.41*	0.39*	0.02	0.13	0.05	0.12	0.50**	-0.35	0.57**	1.00		
X ₂₀	0.59**	0.32	0.29	0.31	0.34	0.44*	0.37*	-0.03	0.37*	0.36	0.33	0.02	0.21	0.11	0.34	0.41*	-0.23	0.51**	0.44*	1.00	

注: X₁: 有机质含量; X₂: 全氮含量; X₃: 碱解氮含量; X₄: 全磷含量; X₅: 速效磷含量; X₆: 全钾含量; X₇: 速效钾含量; X₈: pH值; X₉: 过氧化氢酶活性; X₁₀: 蔗糖酶活性; X₁₁: 脲酶活性; X₁₂: 有效锌含量; X₁₃: 有效铁含量; X₁₄: 有效铜含量; X₁₅: 有效锰含量; X₁₆: 土壤含水量; X₁₇: 容重; X₁₈: 田间含水量; X₁₉: 总孔隙度; X₂₀: 毛管持水量。数据后标注“*”“**”分别表示在0.05、0.01水平上相关。

2.5 喀斯特山区无籽刺梨种植基地土壤因子的主成分分析

选取喀斯特地区无籽刺梨种植基地土壤的有机质含量、全氮含量、全磷含量、全钾含量、碱解氮含量、速效磷含量、速效钾含量、pH值、过氧化氢酶活性、蔗糖酶活性、脲酶活性、有效锌含量、有效铁含量、有效铜含量、有效锰含量、土壤含水

量、容重、田间持水量、总孔隙度、毛管持水量等20个影响土壤质量的因子进行主成分分析,经KMO和Bartlett检验,结果表明,KMO值为0.674, Bartlett球形度检验卡方近似值为449.437,自由度为190, P值小于显著水平0.01,这表示各因子比较适合作分析。由表3可见,无籽刺梨种植基地土壤的

主分量特征值和贡献率存在一定差异,有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷含量这6个主成分的特征值均大于1,累计方差贡献率达到82.104%,说明这6个主成分基本可以作为评价喀斯特地区无籽刺梨基地土壤质量变化的依据。

表3 无籽刺梨种植基地土壤的主成分分析结果

成分编号	特征根	方差占比 (%)	累积方差占比 (%)
X ₁	7.600	38.000	38.000
X ₂	3.079	15.395	53.394
X ₃	1.752	8.761	62.156
X ₄	1.709	8.547	70.702
X ₅	1.256	6.281	76.983
X ₆	1.024	5.120	82.104
X ₇	0.748	3.739	85.843
X ₈	0.562	2.808	88.651
X ₉	0.499	2.497	91.147
X ₁₀	0.390	1.950	93.097
X ₁₁	0.357	1.784	94.882
X ₁₂	0.291	1.455	96.337
X ₁₃	0.182	0.912	97.249
X ₁₄	0.171	0.854	98.102
X ₁₅	0.104	0.520	98.623
X ₁₆	0.090	0.449	99.072
X ₁₇	0.079	0.396	99.467
X ₁₈	0.065	0.325	99.793
X ₁₉	0.026	0.130	99.923
X ₂₀	0.015	0.077	100.000

土壤质量受土壤理化性质与酶活性的综合影响,仅考虑单一特性无法准确判断土壤质量的变化特征。在分析过程中,为减少主成分之间的相关性,对因子载荷矩阵进行方差最大化正交旋转,根据各指标在某一主成分的载荷大小确定其作用。由表4可见,有机质含量、全氮含量、碱解氮含量、过氧

表4 经旋转的因子载荷阵

测定指标 编号	主成分					
	1	2	3	4	5	6
X ₁	0.710	0.112	0.431	0.083	0.353	-0.227
X ₂	0.854	-0.109	0.151	-0.026	0.253	-0.027
X ₃	0.862	0.039	0.292	0.088	-0.070	0.085
X ₄	0.142	0.830	0.050	0.072	0.212	0.156
X ₅	0.076	0.921	0.178	0.132	0.033	-0.108
X ₆	0.343	0.241	-0.109	0.037	0.808	-0.041
X ₇	0.331	0.703	-0.061	0.354	0.343	0.011
X ₈	-0.149	-0.247	0.002	-0.387	-0.192	0.694
X ₉	0.818	0.271	0.105	0.136	0.192	0.043
X ₁₀	0.828	0.449	0.091	0.108	0.128	-0.036
X ₁₁	0.712	0.553	0.094	0.248	0.019	-0.094
X ₁₂	0.091	0.211	-0.187	0.814	0.036	-0.057
X ₁₃	0.531	-0.279	0.117	-0.128	0.150	-0.550
X ₁₄	0.153	0.539	-0.203	0.729	0.106	0.080
X ₁₅	-0.006	0.664	0.331	-0.017	-0.026	-0.356
X ₁₆	0.334	-0.043	0.391	0.286	0.253	0.662
X ₁₇	-0.041	0.073	-0.376	-0.799	0.026	0.009
X ₁₈	0.308	0.174	0.763	-0.241	-0.089	-0.037
X ₁₉	0.350	0.106	0.737	0.148	-0.044	0.207
X ₂₀	0.124	0.203	0.658	0.053	0.610	-0.082

化氢酶活性、蔗糖酶活性和脲酶活性6项指标对因子有机质贡献较大,载荷值均超过0.710,这说明主成分有机质主要反映与土壤氮素变化有关的信息;土壤有机质含量、氮素含量、酶活性、磷素和钾素含量等是基于喀斯特山区无籽刺梨种植基地土壤质量评价的关键指标,这与现有研究结论^[27-28]类似。

3 讨论与结论

基于喀斯特山区不同林龄无籽刺梨种植基地土壤质量的描述性、相关性和主成分分析结果显示,虽然无籽刺梨种植时间不长,仅为8~9年林龄的中年林,但不同林龄种植基地的土壤大部分指标发生变化,土壤质量明显改善,这与伊田等研究结论^[29]类似,一定程度上说明土壤质量的积极变化与无籽刺梨种植年限的长短存在同步性。

喀斯特石山区土壤形成受碳酸盐岩母岩的影响较大,具有独特的成壤过程^[30],但强烈的人为活动使该区域原本脆弱的生态环境与土壤质量进一步恶化。值得注意的是,虽然研究区土壤有机质和全氮含量总体上处于适宜水平,但贵州喀斯特地区有机质或氮素累积,可能与长期干热条件下岩石基质强烈矿化作用遗留下来的结合态腐殖质或非酸水解有机氮有关,而本身活性较低,对土壤质量的贡献较小,这印证了兴仁县无籽刺梨种植基地的作物长势较逊于乌当区和西秀区的现象,也说明喀斯特山区土壤肥力较低,需要有针对性地增加肥料投入^[31]。土壤有机质、氮素和土壤酶活性对喀斯特山区无籽刺梨基地土壤影响较大,两两之间相关性较高,这与现有研究结论^[32-33]吻合。此外,根据主成分分析,土壤磷素和有效成分中的钾、锰对土壤质量影响也较大。根据全国第二次土壤普查标准^[34],研究区土壤磷素含量较低,喀斯特地区土壤普遍存在缺磷的问题^[35],其中兴仁县、乌当区的磷素水平均在缺乏与极缺乏状态,特别是种植4年以下的基地,全磷、速效磷含量呈较低水平,应注意补施磷肥。土壤钾素含量除西秀区稍好外,其余2地的平均水平较低,种植4年以下的基地同样存在缺钾问题,且处于全国第二次土壤普查的极缺乏水平。究其原因,喀斯特山区基质发育的土壤总体表现为缺乏钾元素^[32],而该地区土壤钾元素多形成于成土母质中的矿物质缓慢释放,由于钾溶于水,加上石灰岩基质的裂隙发育强烈,土壤中钾元素易受夏季集中降水而下渗和流失。从无籽刺梨的生活周期来看,无籽刺梨栽植3年便可全面挂果,挂果前一阶段的生长主要由单株向郁闭方向发展,个体间对本就已经退化的土壤养分竞争加强,这也恰恰解释了1~2年林龄种植基地的土壤指标较其他林龄种植基地变异系数更大的原因。喀斯特山区无籽刺梨种植基地土壤质量的影响因素包括有机质、氮磷钾含量、土壤酶活性以及有效锰含量,但具体影响或其他影响因素还有待进一步研究。另外,由于受到采样次数和各种时空条件限制,再加上种植时间较短,关于无籽刺梨种植过程中对土壤质量的影响成因,还需要进行多次采样比较研究才能得到更为准确的结论。

土壤质量的核心是土地生产力,即土壤肥力,包括土壤的物理性状、化学性状和生物性状,土壤物理、化学和生物指标是相互影响、相互制约的,其中某个指标的变化会引起其他指标的相应变化^[36]。对作物来说,良好的土壤质量可为保证作

物正常生长发育提供水、热、气、肥^[37]。本研究结果表明,随着无籽刺梨种植年限的增加,土壤指标变化明显,土壤肥力不断积累,土壤生产力与生态功能得到一定程度的恢复,土壤pH值接近刺梨生长适宜的偏酸性土壤环境^[38],刺梨基地土壤的变化与无籽刺梨的种植年限有一定的相关性。植被是喀斯特山区重要的生态环境组成,其植物根系分泌物和枯枝落叶的积淀具有含蓄水源、促进土壤质量的改善等作用。研究结果表明,无籽刺梨种植初期,土壤中氮、磷、钾较为缺乏,呈偏碱性,自然状态下,肥力缺乏胁迫着原生植被正常的生长发育;经过种植无籽刺梨一定时间,土壤的化学、物理和生物指标均有所改善,土壤酶活性增加趋势明显,根系分泌物对土壤质量的改善有促进作用,植被恢复程度明显提高,这对喀斯特山区石漠化的遏制和水土保持具有积极的意义。

参考文献:

- [1] 李孝良. 贵州喀斯特石漠化演替阶段土壤质量属性变化特征[D]. 南京:南京农业大学,2011.
- [2] Zhu Z D, Wang T. Trends of desertification and its rehabilitation in China[J]. *Desertification Control Bulletin*,1993,22:15-19.
- [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] 吴洪娥,金平,周艳,等. 刺梨与无籽刺梨的果实特性及其主要营养成分差异[J]. *贵州农业科学*,2014(8):221-223.
- [5] 付慧晓,王道平,黄丽荣,等. 刺梨和无籽刺梨挥发性香气成分分析[J]. *精细化工*,2012,29(9):875-878.
- [6] 林源,唐军荣,田斌,等. 无籽刺梨的研究现状及发展建议[J]. *江苏农业科学*,2014,42(4):122-123,124.
- [7] 常庆瑞,安韶山,刘京,等. 陕北农牧交错带土地荒漠化本质特性研究[J]. *土壤学报*,2003,40(4):518-523.
- [8] 陈广生,曾德慧,陈伏生,等. 干旱和半干旱地区灌木下土壤“肥岛”研究进展[J]. *应用生态学报*,2003,14(12):2295-2300.
- [9] 崔晓晓,王圳,王纪杰,等. 喀斯特峡谷区植被恢复过程中土壤性质变化[J]. *福建林学院学报*,2011,31(2):165-170.
- [10] 姚凯,刘映良,黄俊学. 喀斯特地区植物根系对土壤元素迁移的影响[J]. *东北林业大学学报*,2011,39(3):81-82.
- [11] 刘占锋,傅伯杰,刘国华,等. 土壤质量与土壤质量指标及其评价[J]. *生态学报*,2006,26(3):901-913.
- [12] 国家林业局. 森林土壤分析方法[M]. 北京:农业出版社,2005.
- [13] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986.
- [14] 刁承泰,黄京鸿,卢涛. 喀斯特地区土地整理的重点和技术探讨——以重庆市涪陵区荒田片区为例[J]. *水土保持学报*,2002,16(1):127-129.
- [15] 金蕾,何腾兵,袁成军,等. 基于土壤肥力状况的贵州省安顺市西秀区耕地管理策略[J]. *天津农业科学*,2011,17(2):21-24.
- [16] 贵州省旱坡地土壤改良与综合发展. 贵州旱地土壤有机质和氮素状况及供氮能力研究[C]//中国土壤学会第九次全国代表大会论文集. 北京:中国环境科学出版社,1999:44-47.
- [17] 贵州省土壤普查办公室. 贵州省土壤[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1994.
- [18] 沈善敏. 中国土壤肥力[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [19] 黄增奎,娄烽. 浙江土壤中微量元素全量分布的研究[J]. *土壤通报*,1996,27(3):126-129.
- [20] Underwood E J. Trace elements in human and animal nutrition[M]. New York:Academic Press,1981.
- [21] 唐继伟,林治安,许建新,等. 有机肥与无机肥在提高土壤肥力中的作用[J]. *中国土壤与肥料*,2006(3):44-47.
- [22] 孙波,张桃林,赵其国. 我国中亚热带缓丘区红黏土土壤肥力的演化 II. 化学和生物学肥力的演化[J]. *土壤学报*,1999,37(2):203-217.
- [23] 史衍玺,唐克丽. 人为加速侵蚀下土壤质量的生物学特性变化[J]. *土壤侵蚀与水土保持学报*,1998,4(1):29-34,41.
- [24] 曹慧,孙辉,杨浩,等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. *应用与环境生物学报*,2003,9(1):105-109.
- [25] 罗飞. 酸雨区不同林龄杉木人工林土壤酶活性季节动态[D]. 福州:福建农林大学,2014.
- [26] 鱼海霞,何忠俊,洪常青. 玉龙雪山土壤酶活性特征及其与土壤养分的关系[J]. *云南农业大学学报*,2013,28(5):668-675.
- [27] 盛茂银,刘洋,熊康宁. 中国南方喀斯特石漠化演替过程中土壤理化性质的响应[J]. *生态学报*,2013,33(19):6303-6313.
- [28] 陈家龙,张兴元,解文贵,等. 贵州山地柑桔园营养特性研究[J]. *西南农业学报*,1995,8(2):75.
- [29] 伊田,梁东丽,王松山,等. 不同种植年限对设施栽培土壤养分累积及其环境的影响[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*,2010,38(7):111-117.
- [30] 罗海波. 喀斯特石漠化过程中土壤质量变化研究[D]. 重庆:西南大学,2006.
- [31] 何腾兵. 贵州喀斯特山区水土流失状况及生态农业建设途径探讨[J]. *水土保持学报(增刊)*,2000,14(1):28-34.
- [32] 戎宇,刘成刚,薛建辉. 喀斯特山地不同人工林土壤特性差异与综合评价[J]. *南京林业大学学报:自然科学版*,2011,35(2):108-112.
- [33] 王圳. 喀斯特山地优势植物种根际生境特性研究[D]. 南京:南京林业大学,2010.
- [34] 全国土壤普查办公室. 全国第二次土壤普查暂行技术规程[M]. 北京:农业出版社,1979.
- [35] 龙健,李娟,汪境仁,等. 典型喀斯特地区石漠化演变过程对土壤质量性状的影响[J]. *水土保持学报*,2006,20(2):77-81.
- [36] 王世杰. 喀斯特石漠化——中国西南最严重的生态地质环境问题[J]. *矿物岩石地球化学通报*,2003,22(2):120-126.
- [37] 谢双喜,丁贵杰,刘官浩. 贵州贞丰县兴北喀斯特森林植被的调查分析[J]. *浙江林业科技*,2001,21(5):63-67.
- [38] 熊洁,高媛. 刺梨栽培丰产技术及丰产效果初探[J]. *贵州林业科技*,2010,38(4):51-54.