

云南绿春哈尼梯田湿地水稻土基本养分特征

张德刚, 刘艳红, 罗文珍, 全舒舟

(红河学院 生命科学与技术学院, 云南 蒙自 661100)

摘要: 选取了云南绿春县规东河片区、松东河片区、二号桥河片区为样区, 分析了样区未发生土壤冲蚀、发生土壤冲蚀后修复 1 a, 修复 8 a 的梯田湿地水稻土表层土壤 pH 值、有机质、碱解氮、速效磷和速效钾特征。结果表明, (1) 绿春哈尼梯田湿地水稻土 pH 值在 5.21~6.79 之间, 呈微酸性; 土壤有机质含量在 3.80~47.14 g/kg 之间; 土壤碱解氮含量在 39.51~137.47 mg/kg 之间; 土壤速效磷含量在 1.29~13.31 mg/kg 之间; 土壤速效钾含量在 33.32~178.90 mg/kg 之间。从空间上看, 绿春哈尼梯田湿地水稻土基本养分在同一地方相同片区较稳定, 变异不大, 但是不同地方之间有一定差异。(2) 未发生土壤冲蚀的梯田水稻土基本养分显著高于发生土壤冲蚀后修复的梯田水稻土基本养分。经过修复和田间管理, 梯田湿地水稻土养分含量有所升高, 发生土壤冲蚀后修复 8 a 在 0.05 水平上显著高于发生土壤冲蚀后修复 1 a。(3) 绿春哈尼梯田同一山麓不同海拔高度土壤有机质含量基本稳定, 变化较小。土壤速效养分含量在不同海拔高度变化较大, 随着海拔高度的升高或者降低, 养分并没有表现出明显的垂直变化特征。

关键词: 哈尼梯田湿地; 土壤养分; 土壤冲蚀

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0091-05

中图分类号: S158.2

Nutrient Characteristics in Paddy Soils of Hani Terrace in Luchun County of Yunnan Province

ZHANG De-gang, LIU Yan-hong, LUO Wen-zhen, QUAN Shu-zhou

(College of Life Science and Technology, University of Honghe, Mengzi, Yunnan 661100, China)

Abstract: The characteristics of soil pH, organic matter, available nitrogen, available phosphorus, and available potassium in Hani Terrace paddy soils in Luchun County, Yunnan Province were studied. Soil samples were collected in the three sections of Guidong River patch, Songdong River patch, and Erhaohe River patch. Three kinds of Hani Terrace paddy soils, i. e., non-erosion, erosion with one year remediation, and erosion with eight year remediation, were analyzed. Results show that (1) in the paddy soils, soil pH value is between 5.21 and 6.79; soil organic matter content, between 3.8 and 47.14 g/kg; soil available N content, between 39.51 and 137.47 mg/kg; soil available P content, between 1.29 and 13.31 mg/kg; and soil available potassium content, between 33.32 and 178.90 mg/kg. Spatially, soil nutrients at the same place of the paddy soils keep stable and have no significant variation, but at different places, they have some differences. (2) In the paddy soils, basic nutrients in non-erosion area are much higher than erosion area. Nutrients in the paddy soils have been increased by rehabilitation and field management and soils in terraces have been resumed for 8 years after soil erosion occurs. Most of nutrient contents are significantly higher than those only resumed for one year. (3) Basic soil nutrients at the same foothill but different altitudes in Hani Terrace of Luchun County are different, but vertically, nutrients have no obvious regular changes with increasing or decreasing of altitude.

Keywords: Hani terrace wetland; soil nutrient; soil erosion

广泛分布于云南省南部、哀牢山南段的哈尼梯田是哈尼族人民为保证本民族人口的繁荣发展, 充分利

用当地的自然环境条件——中、低山缓坡地, 开辟出来的具有较高生产力的生态农业系统, 是具有最高产

收稿日期: 2010-02-07

修回日期: 2010-04-02

资助项目: 云南省教育厅重点科研基金“个旧工矿区重金属污染土壤植物修复技术研究”(09Z0093); 红河学院博硕科研基金“个旧锡-铅工矿区土壤重金属分布及潜在生态风险”(XSS08016)

作者简介: 张德刚(1977—), 男(傣族), 云南省石屏县, 硕士, 副教授, 主要从事植物营养与环境的研究。E-mail: zhangdg2000@163.com。

出的传统山地农业^[1-2]。梯田农业生态系统,既发展了生产,丰富文化内涵,又保护了环境,是人类文明与自然环境和谐发展的典型,其中以元阳、红河、绿春等县较突出^[2]。

水稻田是人工湿地,作为梯田主要的土地利用方式,形成了独特的梯田湿地生态系统。哈尼梯田是中国人工湿地的经典,是中国山区稻田农耕的典范^[3]。对哈尼梯田湿地的研究始于 20 世纪 80 年代中期,主要集中在哈尼梯田的起源和历史,梯田稻作礼仪、梯田生产和管理方式等方面^[4]。近年来,一些学者开始认识到哈尼梯田作为人工湿地的重要价值^[3],从自然科学的角度,对哈尼梯田形成原因、文化生态系统、人文景观等进行了探索^[2,5-6],还有一些学者从湿地科学的角度对哈尼梯田湿地生态系统的结构、垂直特性、生态服务和保护建设等进行了研究^[7-8]。仅少部分单独对哈尼梯田的土壤养分变化特征,土壤重金属分布,景观地表水营养物质作了研究^[9-11]。且这些研究主要集中在元阳哈尼梯田,对绿春哈尼梯田的研究尚未见报道。不同地方哈尼梯田由于地理条件、成土母质、形成历史和耕作管理方式不一,其养分特征也会表现出一定的差异。

因此,本文研究绿春哈尼梯田湿地水稻土基本养分状况,并比较了梯田湿地发生土壤冲蚀后修复 1, 8 a 后水稻土与未发生土壤冲蚀梯田水稻土基本养分之间的差异,以期更全面地为哈尼梯田景观的保护和梯田农业的可持续发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

绿春县位于云南省南部地区,红河州西南部(101°48′—102°39′ E, 22°33′—23°08′ N),县城海拔 1 620 m,年均气温 16.6 °C,年均降雨量 2 026.5 mm,属亚热带山地季风气候。县境内河流众多,这些河流均为常年河,流向不一,洪枯变幅大,落差也大,径流面积占全县总面积的 95.1%。

试验以绿春县城所在地大兴镇梯田为研究区域,大兴镇有耕地面积 1 872 hm²,其中梯田面积 697 hm²,占耕地面积的 37.2%。在绿春县规东河、松东河、二号桥河小流域梯田进行布点,即规东、松东、迷克和马宗梯田片区为采样的核心点。所选采样区域梯田分布集中、规模较大,分布在海拔 1 268~ 1 572 m 之间,以种植水稻为主。梯田管理主要是播种前和收割后犁田,夏季除草,秋季修埂,全年储水。通过调查得知靠近河边海拔较低的梯田,在降雨量大,发生洪涝灾害年份,梯田土壤容易遭受河流的冲蚀破坏。尤其在 2001 年,马宗片区和迷克片区的大部分梯田,遇到了严重的洪灾,土壤被洪水冲蚀遭到破坏,大部分梯田土壤随洪水流失。据调查,遭到冲蚀破坏后,进行修复的梯田种植水稻产量要比未遭到破坏以前减产 1/3 左右,新修复梯田田间管理上即使通过增加填土、施肥、放水等措施,也需要多年才能恢复产量(表 1)

表 1 研究区域基本状况

研究区域	面积/hm ²	样品数	经度	纬度	海拔高度/m
规东	85	9	102°22′57.6″—102°23′00.5″ E	23°00′07.6″—23°00′19.1″ N	1 367~ 1 572
松东	95	9	102°23′25.6″—102°23′28.9″ E	22°59′36.4″—22°59′40.9″ N	1 364~ 1 567
迷克	75	16	102°20′04.9″—102°20′11.9″ E	23°00′05.3″—23°00′08.8″ N	1 268~ 1 368
马宗	48	17	102°20′48.1″—102°20′54.8″ E	23°01′08.4″—23°01′15.3″ N	1 336~ 1 450

1.2 布点及样品采集

该区域梯田湿地大多为哈尼族在此定居过程中开垦种植延续下来的,具体种植历史缺乏考证。在进行实地调查的基础上,于 2009 年 8 月、11 月对绿春县规东河、松东河、二号桥河小流域梯田湿地进行布点。根据各片区具体情况确定采样点和样品数量。采样时用 GPS 进行定位,并详细记录周围基本情况。在同一山麓上,根据海拔高度不同进行采样,一般海拔高度升高约 30 m 采一个样品,同一海拔高度在不同田块取 5 点采表土 0—20 cm 土层,混合,利用四分法留取约 1 kg 土样为一个样品。遭到洪水冲蚀破坏后修复的梯田,根据本地修复年限不同分别采修复 1 a、

修复 8 a 的梯田土壤样品。土样采回后自然风干、研磨,分别过 1 mm 和 0.25 mm 筛,贴标签、装瓶备用。

1.3 样品分析与数据处理

土壤养分分析按常规方法进行^[9],测定数据使用 SPSS13.0 软件进行描述性统计、相关分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 绿春哈尼梯田湿地水稻土养分空间变化特征

表 2 是所研究的 4 个区域哈尼梯田湿地水稻土基本养分统计描述结果。可以看出,绿春哈尼梯田湿地水稻土 pH 值在 5.21~ 6.79 之间,呈微酸性。4 个

区域有一定变化,但是各个区域变异不大,迷克、马宗显著高于规东、松东。土壤有机质在 3.80~47.14 g/kg 之间,其中规东、松东片区土壤有机质含量在 36.36 g/kg 以上,含量丰富,迷克、马宗土壤有机质含量分别是 21.94 g/kg 和 19.69 g/kg,含量中等。规东、松东片区土壤有机质含量稳定,变异较小。迷克、马宗片区含量变化较大,其中最小值只是 3.8 g/kg,土壤有机质非常缺乏。土壤碱解氮含量在 39.51~137.47 mg/kg 之间,其中规东、松东片区土壤碱解氮较稳定,变异小,含量较高,在 109.52 mg/kg 以上,迷克、马宗片区土壤碱解氮不稳定,变异大,含量显著低于规东、松东片区,属于中等肥力水平。土壤速效磷

含量在 1.29~13.31 mg/kg 之间,变异较大,其中规东、松东片区土壤速效磷显著高于迷克、马宗片区。土壤速效钾含量在 33.32~178.90 mg/kg 之间,各地之间变异较大,其中规东、松东片区土壤速效钾显著高于迷克、马宗片区。

从空间上看,绿春哈尼梯田湿地水稻土基本养分在相同片区较稳定,变异不大,但是不同地方之间有一定差异。在所研究的区域,规东、松东片区显著高于迷克、马宗片区。原因可能是由于迷克、马宗片区海拔较低,接近河岸地带梯田经常发生洪涝灾害,被洪水冲蚀,大量梯田表土随洪水流失所致。而未被洪水冲蚀破坏的梯田,不同地方之间肥力较接近。

表 2 不同区域哈尼梯田湿地水稻土基本养分特征

项目	规东片区	松东片区	迷克片区	马宗片区	
pH 值	最小值	5.35	5.23	5.21	5.93
	最大值	5.56	5.81	6.77	6.79
	平均值	5.43±0.07b	5.53±0.19b	6.09±0.57a	6.30±0.29a
	变异系数	0.01	0.03	0.09	0.05
有机质/ (g·kg ⁻¹)	最小值	27.47	35.57	6.81	3.80
	最大值	47.14	45.30	45.39	37.48
	平均值	36.36±6.14a	38.17±2.99a	21.94±14.73b	19.69±13.07b
	变异系数	0.17	0.08	0.67	0.66
碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	最小值	105.77	94.23	39.51	43.12
	最大值	135.02	125.36	137.47	132.20
	平均值	121.00±9.62a	109.52±13.86a	81.41±35.78b	81.99±31.62b
	变异系数	0.08	0.13	0.44	0.39
速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	最小值	3.68	4.09	1.30	1.29
	最大值	13.31	6.77	7.37	6.36
	平均值	6.51±2.74a	5.10±0.96a	3.39±1.73b	3.15±1.55b
	变异系数	0.42	0.19	0.51	0.49
速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	最小值	78.43	88.63	36.41	33.32
	最大值	178.90	126.36	141.30	136.49
	平均值	112.36±30.76a	105.69±11.37a	74.04±35.54b	76.73±34.81b
	变异系数	0.27	0.11	0.48	0.45

注:数字表示方式为平均值±标准差,同一行小写字母为同一指标不同区域 SPSS 多重比较结果,差异性在 0.05 水平。

2.2 不同修复年限哈尼梯田湿地水稻土养分变化

表 3 为迷克、马宗两地梯田未发生土壤冲蚀和发生土壤冲蚀以后不同修复年限梯田湿地水稻土基本养分变化情况统计。从表 3 中可以看出,未发生土壤冲蚀哈尼梯田湿地水稻土基本养分显著高于发生土壤冲蚀后修复的梯田土壤养分。显然,哈尼梯田发生土壤冲蚀后,梯田长年耕作管理形成的肥沃表土随洪水流失,土壤肥力严重退化。经过修复和田间管理,梯田养分有所升高,从本研究来看,发生土壤冲蚀后修复 8 a 的梯田绝大多数指标显著高于发生土壤冲蚀后修复 1 a 的梯田。可以看出,哈尼梯

田传统的耕作管理有利于梯田土壤肥力的恢复。但是发生土壤冲蚀后修复 8 a 的梯田土壤肥力尚未达到未发生土壤冲蚀的梯田土壤肥力。调查中很多农户表示,发生土壤冲蚀后修复起来的梯田前几年产量非常低,基本上要耕作培肥 5,6 a 以后产量才相对高一些,但是在同等管理条件下,仍不能达到原先的产量水平。对土壤基本肥力情况的分析,正反映出这样的问题。

因此,不论从哈尼梯田生态湿地保护,还是从梯田土壤养分管理、维持和提高梯田生产力的角度讲,都应该尽量避免发生土壤冲蚀破坏梯田。

表 3 不同修复年限哈尼梯田湿地水稻土基本养分变化

地点	修复年限	土壤基本养分状况			
		有机质/(g·kg ⁻¹)	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	有效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)
迷克	未修复	41.46±3.91a	127.84±7.34a	5.58±1.16a	119.18±21.58a
	修复 1 a	8.79±1.31c	42.83±2.86c	1.93±0.43b	41.91±3.81c
	修复 8 a	16.62±7.01b	74.86±9.72b	2.77±0.55b	63.20±13.95b
马宗	未修复	35.26±1.81a	119.79±8.83a	5.03±0.75a	116.29±18.68a
	修复 1 a	5.44±1.13c	48.95±4.43c	1.91±0.41b	43.57±12.42c
	修复 8 a	18.09±2.62b	76.29±7.44b	2.39±0.61b	69.02±12.09b

注: 数字表示方式为平均值±标准差, 同一列小写字母为两区域不同修复年限 SPSS 多重比较结果, 差异性在 0.05 水平。

2.3 同一山麓不同海拔高度哈尼梯田湿地水稻土养分变化

同一山麓不同海拔高度哈尼梯田湿地水稻土养分变化见图 1。可以看出, 未受洪水冲蚀破坏影响, 不同海拔高度土壤有机质含量基本稳定, 变化较小; 而

土壤速效养分含量在不同海拔高度变化较大, 这可能是由于不同海拔高度不同农户对梯田的管理不同所致。

但是随着海拔高度的升高或者降低, 养分没有表现出明显的垂直变化特征。

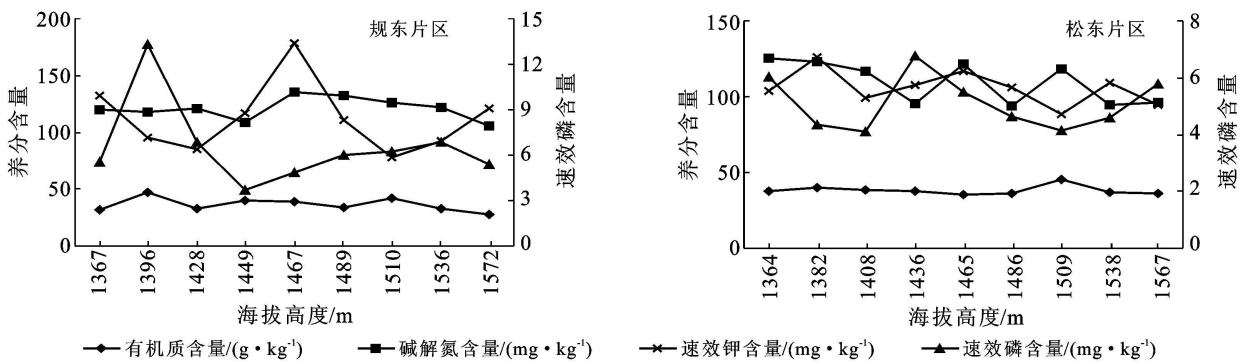


图 1 同一山麓不同海拔基本养分变化

3 讨论

姚敏等^[8]对元阳攀枝花乡勐品村梯田和胜村乡全福庄梯田片区土壤的有机质、全氮、全磷进行了分析, 结果显示, 勐品梯田湿地土壤有机质含量均值为 33.32 g/kg, 全福庄梯田湿地土壤有机质含量均值为 34.86 g/kg。文波龙等^[10]研究元阳梯田表层土壤中的有机质平均含量 39.88 g/kg, 碱解氮平均含量 41.13 mg/kg。本研究绿春哈尼梯田未被冲蚀破坏水稻土有机质平均含量 37.57 g/kg, 总体达二级水平, 与元阳梯田土壤有机质接近; 而发生土壤冲蚀后修复的梯田湿地水稻土有机质平均为 12.13 g/kg, 显著低于本地未发生土壤冲蚀梯田和元阳梯田土壤有机质含量。土壤碱解氮含量未发生土壤冲蚀的梯田湿地水稻土平均为 118.40 mg/kg, 发生土壤冲蚀后修复的梯田湿地水稻土平均为 60.84 mg/kg, 均显著高于文波龙等研究的元阳哈尼梯田含量。本研究土壤速效磷、速效钾含量也达到较高水平, 总体上, 哈尼梯田湿地水稻土基本养分含量较高。但是发生土

壤冲蚀后, 表土随洪水流失, 土壤养分显著降低, 修复后需经过多年的田间管理才能恢复。蔡进军等^[10]研究宁南山区不同年限水平梯田土壤养分特征表明有很大差异, 在梯田修建初期, 为养分消耗恢复期, 土壤养分含量无明显变化或比修建时略有降低, 此后随时间变化, 土壤肥力逐渐提高, 特别是在 0—60 cm 土层变化最明显。许多研究也表明^[1+12], 梯田具有良好的蓄水保土的作用。我们的研究也有相似之处, 未发生土壤冲蚀梯田(修复时间很长)土壤养分显著高于发生土壤冲蚀梯田土壤养分, 梯田发生土壤冲蚀后修复 8 a 的土壤基本养分显著高于修复 1 a 的土壤。显然, 从土壤养分的角度看, 发生土壤冲蚀对梯田造成了严重破坏, 应该进一步加强易发生洪涝灾害地区梯田的保护工作。

姚敏等^[8]还研究了哈尼梯田湿地生态系统具有显著的垂直特征, 是基于哈尼梯田“森林—村庄—梯田—河流”四位一体的结构而言, 得出土壤综合质量指数排序为神林或林地> 梯田> 水源地, 除水源地外, 土壤有机质、全氮和全磷的含量以及综合质

量基本呈现与海拔成正相关关系。文波龙等^[10]研究元阳梯田土壤养分垂直变异特征表现为有机质含量随着海拔的降低而减少,但在谷底低海拔区含量突增,碱解氮含量随着海拔的降低而增加,但在谷底呈现出突减的特征仅是针对湿地生态系统的梯田来讲。而本研究并没有得出相同的结果,在垂直方向上,不同海拔高度并没有表现出明显的变化规律。

4 结论

(1) 绿春哈尼梯田湿地水稻土 pH 值在 5.21~6.79 之间,呈微酸性;土壤有机质在 3.80~47.14 g/kg 之间;土壤碱解氮含量在 39.51~137.47 mg/kg 之间;土壤速效磷含量在 1.29~13.31 mg/kg 之间;土壤速效钾含量在 33.32~178.90 mg/kg 之间。从空间上看,绿春哈尼梯田湿地水稻土基本养分在同一地方相同片区较稳定,变异不大,但是不同地方之间有一定差异。

(2) 未发生土壤冲蚀哈尼梯田湿地水稻土基本养分显著高于发生土壤冲蚀后修复的梯田湿地水稻土基本养分。经过修复和田间管理,梯田湿地水稻土养分有所升高,从本研究来看,发生土壤冲蚀后修复 8 a 的梯田土壤养分绝大多数指标显著高于发生土壤冲蚀后修复 1 a 的梯田。

(3) 绿春哈尼梯田同一山麓不同海拔高度土壤有机质含量基本稳定,变化较小。土壤速效养分含量在不同海拔高度变化较大。但是随着海拔高度的升高或者降低,养分没有表现出明显的垂直变化特征。

(上接第 45 页)

2 500 株/hm² 林分的土壤有机质、氮、磷和钾含量高,对土壤的效果优于其它密度的林分;4 444 株/hm² 林分土壤的有机质和氮含量较高,磷含量中等,钾含量高,有利于土壤养分的积累;1 667 株/hm² 林分的土壤磷含量高,改善土壤磷的作用明显。10 000 株/hm² 林分土壤的有机质和各养分含量低,不利于养分积累。

[参 考 文 献]

[1] Schoenholtz S H, Van Miegroet H, Burger J A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities [J]. For. Ecol. Manage. 2000, 138: 335-356.

[2] Boix-Fayos C, Calvo-Cases A, Imeson A C, et al. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as

[参 考 文 献]

[1] 角媛梅, 杨丽萍. 哀牢山区哈尼梯田的分形特征 [J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4583-4589.

[2] 角媛梅, 肖笃宁, 程国栋. 亚热带山地民族文化与自然环境和谐发展实证研究: 以云南省元阳县哈尼族梯田文化景观为例 [J]. 山地学报, 2002, 3(20): 266-271.

[3] 史军超. 中国湿地经典: 红河哈尼梯田 [J]. 云南民族大学学报, 2004, 21(5): 77-81.

[4] 王清华. 梯田文化论 [M]. 昆明: 云南大学出版社, 1999: 334-363.

[5] 角媛梅. 哈尼梯田文化景观及其保护研究 [J]. 地理研究, 2002, 21(6): 734-743.

[6] 角媛梅, 张家元. 云贵川大坡度梯田形成的原因探析: 以红河南岸哈尼梯田为例 [J]. 经济地理, 2000, 20(4): 94-96.

[7] 姚敏, 崔保山. 哈尼梯田湿地生态系统的垂直特征 [J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2115-2124.

[8] 卢双珍. 自然保护区建设与哈尼梯田旅游发展: 以云南元阳观音山自然保护区为例 [J]. 生态经济, 2006(5): 207-211.

[9] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 39-140.

[10] 蔡进军, 张源润, 火勇, 等. 宁南山区梯田土壤水分及养分特征时空变异性研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(5): 83-85.

[11] 杨封科. 半干旱黄土丘陵区梯田集水增产效应研究 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(5): 1309-1333.

[12] 徐学选, 张北赢, 白晓华. 黄土丘陵区土壤水资源与土地利用的耦合研究 [J]. 水土保持学报, 2006, 21(3): 166-169.

land degradation indicators [J]. Catena, 2001, 44: 47-67.

[3] 郑诗樟, 肖青亮, 吴蔚东, 等. 丘陵红壤不同人工林型土壤微生物类群、酶活性与土壤理化性状关系的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(1): 57-61.

[4] 薛立, 邝立刚, 陈红跃. 不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究 [J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 280-285.

[5] 傅静丹, 薛立, 郑卫国, 等. 加勒比松 (Pinus caribaea) 凋落物对土壤性状的影响 [J]. 林业科学研究, 2009, 22(2): 303-307.

[6] 薛立, 陈红跃, 徐英宝, 等. 混交林的土壤物理性质与微生物数量及酶活性的研究 [J]. 土壤通报, 2004, 34(2): 154-158.

[7] 许松葵, 王相娥, 谢腾芳, 等. 不同密度大叶相思幼林对土壤肥力的影响 [J]. 华南农业大学学报, 2008, 29(2): 79-81.

[8] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 62-141.