

# 不同垦植模式茶园土壤性状及团聚体特征研究

林绍霞<sup>1</sup>, 张清海<sup>1</sup>, 张珍明<sup>3</sup>, 杨鸿波<sup>1</sup>, 文锡梅<sup>1</sup>, 林昌虎<sup>2</sup>

(1. 贵州省理化测试分析研究中心, 贵阳 550002; 2. 贵州科学院, 贵阳 550001; 3. 贵州大学, 贵阳 550025)

**摘要:**为探索山区茶园垦植对土壤性状的影响,促进茶产业经济与水土保持的协调发展,对云雾贡茶产地不同垦植模式下茶园土壤物理性质及团聚体特征进行了研究。结果表明:与研究区内灌木林地土壤相比,茶园土壤黏粒含量、孔隙度、毛管持水量随茶树种植年限的延长表现为先减小后增大的趋势,土壤容重逐渐减少,土壤物理结构得到改善。土壤非水稳性团聚体主要是粒径 $>5$  mm 的团粒,平均含量为 43.45%,茶树种植年限越长,含量越高,横坡成行种植模式下 $>5$  mm 的土壤非水稳性团聚体含量高于离散种植,其余粒级的团聚体含量均小于 20%。土壤水稳性团聚体中粒径 $<2$  mm 的团聚体占 70%以上,土壤结构破坏率均小于 20%,以陡坡垦植茶场、新垦茶园土壤结构破坏率较高,离散种植模式土壤结构破坏率大于横坡成行种植模式。山区茶园垦植在一定程度上有利于区域土壤结构和性状的改良。

**关键词:**茶园土壤; 垦植模式; 土壤团聚体; 结构破坏率

中图分类号:S152.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0045-05

## Research for Soil Properties and Aggregates in Tea Plantation with Different Planting Patterns

LIN Shao-xia<sup>1</sup>, ZHANG Qing-hai<sup>1</sup>, ZHANG Zhen-ming<sup>3</sup>, YANG Hong-bo<sup>1</sup>, WEN Xi-mei<sup>1</sup>, LIN Chang-hu<sup>2</sup>

(1. Guizhou Research Center of Physical Testing & Chemical Analysis, Guiyang 550002, China;

2. Guizhou Academy of Sciences, Guiyang 550001, China; 3. Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** In order to explore the influences of tea plantation reclamation on soil properties, and promote coordinated development with economy and soil and water conservation in mountainous, soil physical properties and aggregate characteristics of different cultivate patterns in Yunwu tea plantation were analyzed. Results showed that the clay, porosity and capillary water capacity of tea garden soil manifested as a trend of decreases and then increases with the extension of the tea planting years compared with that of shrub land soil. Soil physical structure has been improved with soil bulk density reduction. Particle size greater than 5 mm in the proportion of non-water-stable aggregates was 43.45%, others were bellow 20%. The longer the planting years were, the higher the proportion of non-water stable aggregates was. The proportion of non-water-stable aggregates was higher in cross slope planting pattern than that in discrete planting pattern. Particle size less than 2 mm in the proportion of water stable aggregates exceeded 70%, and the damage rate of soil structure was less than 20%. Results also indicated the higher damage rates of soil structure in steep slope planting tea gardens and new planting tea gardens than that in other planting patterns, and also, discrete planting pattern had higher damage rate of soil structure than cross slope planting pattern. Planting tea plantation in mountainous was good for improving soil structure and properties.

**Key words:** tea plantation soil; planting pattern; soil aggregate; damage rate of soil structure

土壤团聚体是最基本的土壤结构单元,作为土壤的重要组成部分之一,对土壤的理化性质及生物学性

质有着重要的影响,其组成和稳定性与肥力水平密切相关,在一定程度上反映土壤供给养分的能力<sup>[1]</sup>,是

收稿日期:2012-05-08

修回日期:2012-07-15

资助项目:贵州省农业科技攻关计划项目(黔科合 NY 字[2008]3024 号;黔科合 NY 字[2009] 3021 号);贵州科学院青年基金(黔科院 J 合字[2010]011 号)

作者简介:林绍霞(1983—),女,贵州贵阳人,硕士,助理研究员,主要从事环境污染与防治研究。E-mail: linsxl12233@sina.com

通信作者:林昌虎(1961—),男,贵州贵阳人,研究员,硕士生导师,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail: linchanghu@tom.com

土壤中水、气、根系穿插和养分的活化等状况的表征指标<sup>[2]</sup>,因此,很多学者通过研究土壤团聚体特征表述土壤肥力状况及土壤侵蚀程度<sup>[3-4]</sup>,进而评价土地利用方式的合理性<sup>[5-6]</sup>。在一定程度上,植物对土壤结构的改良亦具有重要作用<sup>[7-10]</sup>。

茶树的种植在我国有着悠久的历史,在长期的茶叶种植中,土壤的性状会发生不同程度的变化。贵州适宜的地形与山区气候资源,使其成为最适宜于茶树生长的地区,茶产业的发展也在逐年加快,目前,贵州茶园面积已达 25 万 hm<sup>2</sup>,绿茶种植面积占全国的比例相当大。

在贵州岩溶地质环境大背景下,山地陡坡开垦茶园对土壤性状的影响是关系贵州经济发展与生态环境保护的重要议题。本文以贵州三大绿茶之一的云雾贡茶产地为研究对象,拟通过研究不同生态模式下茶园土壤团聚体的变化特征及土壤性状变化关系,并以茶园周边未开垦灌木林地土壤为对照,探索山区茶园垦植对土壤性状的影响,以期对山区茶产业经济与水土保持的持续发展提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区位于贵州省南部的贵定县云雾镇,东经 107°01′—107°03′,北纬 26°11′—26°13′,云雾山系贵

州南部苗岭山脉的主峰,为珠江水系和长江水系的分水岭,海拔 1 583.6 m,是贵定云雾贡茶的主要产地。茶区主要分布在海拔 1 200~1 400 m 的地区,区域山峰重叠,树高林密。冬无严寒,夏无酷暑,雨量充沛,终年云雾缭绕,是典型的亚热带季风气候,年均温度 15℃,有效积温 4 579.4℃,年均相对湿度 80%,年降水量 1 107.9 mm,其中 4—10 月份月均降水量 133.4 mm,无霜期 282.1 d。土质为三叠纪砂性页岩,土层深厚肥沃,有机质含量高,具有适宜茶树生长的独特环境,云雾山原生鸟王茶是贵州省唯一有碑文记载的“贡茶”。茶产业是云雾镇经济支柱产业和农民增收致富的骨干项目,全镇现有茶园面积 1 300 多公顷,其中近 70%的茶园垦植于坡度>25°的坡地上。

1.2 供试土壤

供试土壤样本于 2009 年 4 月采自云雾镇贡茶主产区域,根据茶树生长环境及培育方式的不同,土壤采集分为规模化种植茶场、非成行离散种植茶场、林间小块茶场、耕地边篱笆茶、新垦茶场几种模式,并以灌木林地土壤为对照,每个样地采集 3 个样本,每个样本由 5~8 个点土壤混合而成,供试土壤情况如表 1 所示。采样时先将土壤表面的植被和覆盖腐殖质铲除,露出土壤层,采集 0—20 cm 土壤层作为分析样本,同时用环刀采集原状土样用于土壤容重、孔隙度、毛管持水量的分析。

表 1 土壤样本基本信息

样地编号	采样地点	垦植模式	垦植年限/a	植被覆盖度/%	坡度/(°)	坡向
1	方家茶场	横坡成行	>15	100	55	东
2	水利厅茶场	横坡成行	12	100	45	东南
3	水利厅茶场	离散	10	70	<5	东南
4	农业厅茶场	横坡成行	10	100	65	东南
5	新垦茶场	新扦插幼苗	1	10	25	东
6	林间小茶场	横坡成行	5	60	30	东北
7	耕地周边散植茶	离散	多年	20	5~10	东
8	灌木林	—	多年	100	5~10	东

1.3 测试方法

采集的样本带回实验室风干后,用干筛法和湿筛法分别测定>5,2~5,1~2,0.5~1,0.25~0.5 mm 的各级土壤非水稳性团聚体和水稳性团聚体的含量,土壤质地采用比重计法,土壤容重、总孔隙度、毛管持水量测定采用环刀法<sup>[11-12]</sup>。

1.4 数据分析

数据采用 SPSS 13.0 和 Stepwise 法进行分析。土壤团聚体破坏率根据以下公式计算:团聚体破坏率%=(>0.25 mm 非水稳性团聚体->0.25 mm 水稳性团聚体)/>0.25 mm 非水稳性团聚体×100%<sup>[13]</sup>。

表 2 供试土壤物理性质

样地编号	黏粒含量/%	容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度/%	毛管持水量/%
1	16.25±1.27	0.93±0.27	57.77±1.33	38.08±1.53
2	8.65±0.33	0.97±0.14	54.51±1.76	40.73±2.36
3	7.47±0.78	1.23±0.11	48.34±2.53	29.01±1.25
4	9.93±0.48	1.11±0.37	53.25±1.34	32.82±0.63
5	10.27±1.75	1.27±0.53	46.13±0.42	52.68±1.34
6	9.62±0.58	1.16±0.95	54.46±0.56	20.13±0.24
7	8.65±0.57	1.19±0.32	49.89±0.74	31.28±0.42
8	10.67±1.39	0.97±0.07	56.01±1.64	43.95±1.63

表 3 不同垦植模式土壤团聚体组成及稳定性 %

土样 编号	干筛法/mm						湿筛法/mm						结构破 坏率
	>5	2~5	1~2	0.5~1	0.25~0.5	<0.25	>5	2~5	1~2	0.5~1	0.25~0.5	<0.25	
1-A	40.3	10.76	10.74	8.32	15.2	14.68	10.37	16.03	16.45	10.34	25.46	21.35	7.82
1-B	40.06	12.1	12.94	6.52	12.4	15.98	8.65	19.72	20.38	8.57	20.69	21.99	7.15
1-C	46.48	15.42	12.02	6.34	14.5	5.24	11.45	26.37	21.35	9.97	25.47	5.39	0.16
2-A	39.3	16.6	11.96	5.14	9.14	17.86	10.69	25.67	18.34	7.69	15.06	22.55	5.71
2-B	36.53	18.25	11.34	6.27	10.59	17.02	12.37	26.55	16.38	6.94	16.48	21.28	5.13
2-C	40.98	15.49	13.27	5.37	9.85	15.04	9.26	28.63	19.48	8.37	18.72	15.54	0.59
3-A	37.68	3.84	20.14	8.1	17.44	12.8	1.27	6.21	30.58	12.58	27.98	21.38	9.84
3-B	35.78	5.37	23.64	8.59	15.97	10.65	2.68	8.27	32.45	13.64	25.54	17.42	7.58
3-C	34.56	8.28	25.88	9.42	14	7.86	3.59	10.68	34.39	12.67	21.39	17.28	10.22
4-A	56.2	3.54	7.26	3.16	12.38	17.46	2.76	7.68	15.78	6.59	28.26	38.93	26.01
4-B	50.36	9.72	9.65	4.37	10.59	15.31	10.59	20.53	13.46	8.64	24.65	22.13	8.05
4-C	48.94	13.82	7.82	5.72	11.04	12.66	12.34	26.09	13.25	10.98	21.62	15.72	3.50
5-A	50.7	17.88	10.84	4.54	9.98	6.06	12.93	24.98	20.95	8.64	20.24	12.26	6.60
5-B	52.39	15.76	10.67	4.16	9.84	7.18	10.59	22.67	19.46	8.37	20.64	18.27	11.95
5-C	55.62	8.84	9.02	4.14	8.54	13.84	8.76	17.68	18.38	9.09	19.24	26.85	15.10
6-A	35.04	6.56	9	6.06	26.64	16.7	5.43	9.75	12.54	8.36	41.01	22.91	7.45
6-B	39.75	9.37	8.67	5.64	23.92	12.65	6.76	10.46	10.57	6.34	38.15	27.72	17.25
6-C	38.46	10.57	9.65	7.58	27.33	6.41	9.37	12.45	8.15	9.48	36.48	24.07	18.87
7-A	25.14	14.56	22.64	11.5	23.16	3.00	10.24	16.65	25.69	14.98	28.76	3.68	0.70
7-B	52.56	8.6	14.5	6.16	11.14	7.04	6.37	18.23	28.65	11.68	23.48	11.59	4.89
7-C	33.79	10.28	19.23	13.75	10.68	12.27	8.34	18.16	26.46	15.55	21.45	10.04	-2.54
8-A	58.78	3.84	5.68	5.04	12.22	14.44	5.07	18.23	22.89	11.39	29.65	12.77	-1.95
8-B	46.66	13.12	14.94	6.18	7.22	11.88	12.41	23.89	26.37	10.68	13.54	13.11	1.40
8-C	46.62	10.12	15.48	6.42	13.76	7.6	6.83	15.34	27.66	11.68	25.78	3.00	5.53

2 结果与分析

2.1 不同垦植模式茶园土壤性质

分析茶树规模化种植模式与零散种植模式茶场土壤的黏粒含量、土壤容重、孔隙度及毛管持水量等土壤结构特征指标(表 2—3)可见,与原始灌木林地相比,土壤性质均发生了变化,其中黏粒含量以垦植年限为 1 a 的初垦茶场与灌木林地最为接近,差异仅为 0.4%,可见,1 a 的初垦茶场在经灌木林地转变为茶场的过程中,土壤性状的改变还不明显。成规模种植的茶场中,以垦植年限最长的方家茶场土壤黏粒含量最高,达到 16.25%,较灌木林地土壤的平均含量增加了近 6%,以水利厅茶场中离散种植模式的土壤黏粒含量最低,较灌木林地平均减少了 3.2%。从茶园垦植年限分析,在茶园垦植的 20 a 期间,土壤黏粒含量随茶园垦植年限的增加,其含量变化呈现先减少后增加的趋势。

土壤容重变化表现为新垦茶园土壤容重最大,随着茶园垦植年限的越长,土壤容重越小,供试土壤中,以垦植 15 a 以上的方家茶园土壤平均容重 0.93 g/

cm<sup>3</sup> 为最小,茶园土壤正趋于进一步熟化的过程,彭萍等<sup>[14]</sup>的研究亦表明,随茶树种植年限的延长,土壤容重呈减小的趋势。土壤总孔隙度与土壤容重密切相关,进而影响土壤毛管持水量,由表 2 可见,三者之间在不同垦植年限茶园土壤间总体表现出一致的趋势,即随着种植年限的增加,土壤结构得到改善。在茶树种植模式接近的情况下,土壤总孔隙度为 15 a>12 a>10 a>5 a。随着茶园垦植年限的延长,黄壤的潜在持水、保水性能得到充分发挥,茶园土壤毛管持水量为 1 a>12 a>15 a>10 a>5 a,随茶园垦植年限延长表现出先减小后增加最后趋于稳定的趋势,表明由于土壤结构趋好,土壤孔隙增多,透气性增强,土壤三相相比随着茶园垦植年限延长更趋于合理化。

2.2 土壤非水稳性团聚体特征

土壤中团聚体组成是衡量土壤抗蚀性的重要指标,土壤中团聚体的含量反映了土壤对地表径流蓄渗作用的强弱<sup>[14]</sup>。分析表 3 中数据可知,研究区域土壤主要以大粒径的团聚体为主,干筛法测试供试 24 个样本中,>5 mm 团聚体平均含量占 43.45%,标准差为 8.52%(n=24)样本间差异性大,极差值达

33.64%。粒径 $<5$  mm的各粒级团聚体的平均含量小于20%,其含量特征表现为 $0.25\sim 0.5$  mm $>1\sim 2$  mm $>0.25$  mm $>2\sim 5$  mm $>0.5\sim 1$  mm,其中以粒径为 $0.5\sim 1$  mm的团粒含量差异性最小,极差值为10.59%,标准差为2.42%。研究区域非水稳性土壤团聚体中以大团聚体含量最高,说明土壤团聚性较好<sup>[15]</sup>。

供试土壤中 $>5$  mm的团粒在规模化种植茶场的3个平行样间含量较接近(1、2、4、6号样地),耕地周边零散种植的茶园土壤的含量变异较大(7号样地),表3说明,从总体上看,规模化种植的茶园土壤中,种植年限越长,土壤 $>5$  mm的团聚体含量越高。比较水利厅茶场的两个采样点样本(2、3号样地)可见,在茶树种植年限相当的条件下,成规模的横坡种植模式土壤中粒径 $>5$  mm团聚体含量高于离散种植模式,横坡成行种植模式有利于提高土壤的团聚性,在山区坡地茶园垦植中起到一定的水土保持作用。不同种植模式的茶园土壤团聚体组成特征(图1)表现为:粒径 $>5$  mm的团聚体以横坡成行种植模式(4号样地)和新垦茶园(5号、8号样地)含量较高,粒径 $2\sim 5$  mm的团聚体以横坡成行种植模式(2号样地)含量居高,粒径 $1\sim 2$  mm的团聚体以离散种植模式(2号、7号样地)的土壤含量较高,粒径 $0.5\sim 1$  mm的团聚体在总体含量分布最少,以耕地周边种植茶树的土壤中含有量高于其他几种模式,粒径 $0.25\sim 0.5$  mm的团聚体在林间规模化种植茶场(6号样地)土壤中含有量较高,粒径 $<0.25$  mm的团聚体则以多年规模化种植茶场(2号、4号样地)土壤含量较高。可见,坡地茶园垦植过程中,随着垦植年限的延长,土壤结构特征趋于集中于粒径 $>1$  mm的团聚体中,土壤团聚性能增强,一方面得益于茶园有机肥的使用增加了土壤有机碳含量<sup>[16]</sup>,另一方面与茶树根系的固土持肥作用及微生物活动有关<sup>[17]</sup>。

### 2.3 土壤团聚体稳定性的影响因素

湿筛法得到的水稳性团聚体是保持土壤结构稳定的重要特征参数,表3中数据显示,研究区域24个供试土壤经水浸泡后,其团聚体分布特征发生明显变化, $>5$  mm的团聚体含量减少,而其他各粒级含量均有不同程度的增加,粒径 $<2$  mm的团聚体占总量的70%以上,其中以粒径为 $0.25\sim 0.5$  mm的团聚体含量增加最多,增幅达10.51%。图2表明,茶园土壤中水稳性团聚体含量分布表现为 $0.25\sim 0.5$  mm $>1\sim 2$  mm $>2\sim 5$  mm $>$ 小于 $0.25$  mm $>0.5\sim 1$  mm $>5$  mm以上。从团聚体破坏率分析,几种茶场垦植模式中,陡坡垦植模式(4号样地)、新垦茶园(5号样地)的

林间茶场土壤破坏率较高,平均破坏率均达到10%以上,茶树离散种植模式(3号样地)土壤团聚体破坏率高于横坡规模化种植模式(1号、2号样地)。在种植模式一致的条件下,1号样地平均破坏率5.04%大于2号样地3.81%,茶园坡度越大,土壤团聚体破坏率越大。随茶树种植年限延长,土壤团聚体破坏率亦表现为一定程度的降低,可见茶园垦植可以使土壤结构稳定,具有一定的水土保持作用。

已有研究表明,侵蚀环境下退耕地 $>0.25$  mm水稳性团聚体含量随土壤中C、N、P含量的增大而增大,土壤抗蚀能力亦增强<sup>[18]</sup>。章明奎等<sup>[19]</sup>认为土壤 $>0.25$  mm非水稳性团聚体含量与土壤中黏粒和游离氧化物数量有关,土壤水稳性团聚体含量则主要与有机物的数量有关而受黏粒和氧化物的影响较小。本文将土壤团聚体与土壤容重、黏粒、孔隙度及毛管持水量进行统计分析,探讨变量间的关系,结果显示土壤黏粒、容重、总孔隙度、毛管持水量与 $>0.25$  mm非水稳性团聚体的相关系数分别为0.046,0.577,-0.547,0.044,与大于 $0.25$  mm水稳性团聚体的相关系数分别为0.083,-0.122,-0.064,0.275,可见土壤容重对非水稳性团聚体有一定影响,水稳性团聚体还受土壤毛管持水量的影响。土壤 $<0.25$  mm水稳性团聚体( $X_1$ )及 $<0.25$  mm非水稳性团聚体( $X_2$ )对结构破坏率( $Y$ )影响关系可用回归方程表示为: $Y=1.151+1.023X_1-1.021X_2$ ,相关系数 $R=0.950$ ,其他因素的影响不显著。

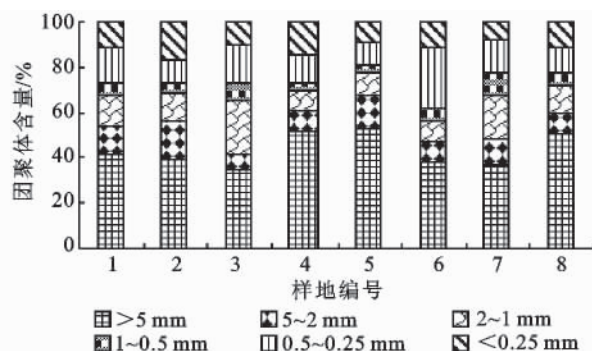


图1 不同垦植模式土壤非水稳性团聚体构成

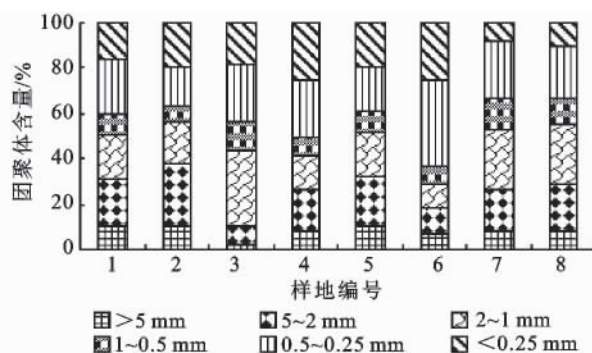


图2 不同垦植模式土壤水稳性团聚体构成

### 3 结论

(1) 茶树种植模式对土壤物理性状产生的影响主要表现为:在茶树垦植 20 a 内,土壤黏粒含量、毛管持水量、孔隙度等表现为先下降后上升的趋势,土壤容重随种植年限延长而减小,种植年限达 15 a 后土壤物理性状趋于稳定。

(2) 不同种植模式下,土壤非水稳性团聚体以  $>5$  mm 团粒为主,其含量随茶树种植年限的延长而增大,茶树种植年限延长,土壤中粒径较大的团聚体含量增大。

(3) 土壤经水浸泡后,粒径  $>5$  mm 的团粒含量明显降低,其余各粒级均有增加,新垦茶园及陡坡垦植模式土壤破坏率较大,横坡成行种植模式土壤破坏率低于离散种植模式。

(4) 土壤容重对  $>0.25$  mm 非水稳性团聚体有影响,土壤毛管持水量对  $>0.25$  mm 水稳性团聚体有影响,土壤结构破坏率的影响因素以  $<0.25$  mm 的土壤团聚体为主。

#### 参考文献:

- [1] Marshall T J, Holmes J W, Rose C W. Soil Physics [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996.
- [2] 杨玉盛,李振问,俞新妥,等.杉木—油桐—仙人草复合经营的土壤结构特征与水分性质的研究[J].南京林业大学学报,1993,17(3):75-79.
- [3] 安韶山,张扬,郑粉莉.黄土丘陵区土壤团聚体分形特征及其对植被恢复的响应[J].中国水土保持科学,2008,6(2):66-70.
- [4] 董亚辉,戴全厚,邓伊晗,等.喀斯特山区退耕地水稳性团聚体演变特征及土壤养分效应[J].水土保持通报,2010,30(2):138-141.
- [5] 杨汝萍,郭贤仕,吕军峰,等.不同耕作和种植模式对土壤团聚体分布及稳定性影响[J].水土保持学报,2010,24(1):253-256.
- [6] 周玮,周运超,鲁秦安.不同土地利用方式下石灰土土壤团聚体与土壤酶活性的关系[J].水土保持通报,2011,31(5):59-64.
- [7] 秦瑞杰,郑粉莉,卢嘉.草本植物生长发育对土壤团聚体稳定性影响的试验研究[J].水土保持研究,2011,18(3):141-144.
- [8] 赵世伟,苏静,杨永辉,等.宁南黄土丘陵区植被恢复对土壤团聚体稳定性的影响[J].水土保持研究,2005,12(3):27-28,69.
- [9] 姬生勋,刘玉涛,董智,等.黄泛平原风沙区不同造林年限林地土壤风蚀与理化性质的变化[J].水土保持研究,2011,18(3):158-161,167.
- [10] 罗明达,杨吉华,房用,等.沂源石灰岩山地不同植被类型土壤颗粒分形特征研究[J].水土保持研究,2010,17(3):17-21.
- [11] 杜森,高祥照.土壤分析技术规范[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [12] 鲁如坤.土壤农化分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [13] 彭萍,杨水平,李品武,等.植茶对土壤环境效应分析研究[J].茶叶科学,2007,27(3):265-270.
- [14] 王宇,韩兴,赵兰坡.黑土坡面土壤团聚体组成特征研究[J].水土保持通报,2010,30(5):88-90.
- [15] 张琪,方海兰,史志华,等.侵蚀条件下土壤性质对团聚体稳定性影响的研究进展[J].林业科学,2007,43(10):77-82.
- [16] 赵红,袁培民,吕贻忠,等.施用有机肥对土壤团聚体稳定性的影响[J].土壤,2011,43(2):306-311.
- [17] 俞慎,何振立,陈国潮,等.不同树龄茶树根层土壤化学特性及其对微生物区系和数量的影响[J].土壤学报,2003,40(3):433-439.
- [18] 戴全厚,刘国彬,翟胜,等.侵蚀环境退耕撂荒地水稳性团聚体演变特征及土壤养分效应[J].水土保持学报,2007,21(2):61-64.
- [19] 章明奎,何振立,陈国潮,等.利用方式对红壤水稳性团聚体形成的影响[J].土壤学报,1997,34(4):359-366.