

不同土地利用方式下紫色土结构特性变化研究

林培松^{1,2}, 高全洲²

(1. 嘉应学院 地理科学与旅游学院, 广东 梅州, 514015; 2. 中山大学 地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘 要: 基于野外调查、取样和室内实验分析, 研究了粤东北不同土地利用方式下紫色土团聚体组成及其结构特性变化。结果表明: (1) 各土地利用类型紫色土表层风干团聚体分布以 >5 mm 粒径为主, >0.25 mm 团聚体含量均大于 91%。湿筛后各土层 >0.25 mm 水稳性团聚体含量明显减少, 平均为 54.36%, 土地利用方式对紫色土水稳性团聚体影响较大。 (2) 表土层 >0.25 mm 湿筛团聚体含量顺序为: 林地 $>$ 果园 $>$ 茶园 $>$ 撂荒地 $>$ 旱地, >5 mm 团聚体水稳性与有机质和黏粒含量成正相关。各利用类型团聚体破坏率介于 31.12%~47.60%, 表现为旱地 $>$ 撂荒地 $>$ 茶园 $>$ 果园 $>$ 林地。 (3) 5 种土地利用类型各土层团聚体平均重量直径 (MWD) 平均值为 2.26 mm, 除旱地外, 其他利用类型土壤团聚体 MWD 均随土壤深度增加而逐渐减少。各土层总孔隙度介于 38.20%~45.28%, 表层非毛管孔隙度表现为: 林地 $>$ 沙田柚果园 $>$ 茶园 $>$ 撂荒地 $>$ 旱地, 底层土壤亦有类似变化规律。

关键词: 土地利用; 土壤团聚体; 土壤结构特性; 紫色土; 粤东北

中图分类号: F301.24; S152.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)04-0134-05

Study on Changes in Structural Properties of Purple Soils under Different Land Use

LIN Pei-song^{1,2}, GAO Quan-zhou²

(1. Department of Geography, Jiaying University, Meizhou, Guangdong 514015, China; 2. School of Geography and Planning, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Using the research method of field investigation, soil sampling and laboratory analysis, the aggregate composition and structural properties of purple soils under different land use in Northeast Guangdong have been studied. The results show that: (1) Under the condition of dry sieve, purple soil aggregates in surface layer were dominated by >5 mm particle size, >0.25 mm aggregates were more than 91%. Under wet sieve, >0.25 mm aggregates decreased obviously, and their mean value is 54.36%, the land use pattern has greater impact on water-stable aggregates. (2) >0.25 mm water-stable aggregates in surface layer all changed in the following order: woodland $>$ orchard land $>$ tea plantation $>$ abandoned field $>$ dry farm land, and the water-stability of aggregates or content of water-stable aggregates was positively correlated with the contents of soil organic matter. The ratio of structure damage under different land use ranged from 31.12%~47.60%, and changed in the following order: dry farm land $>$ abandoned field $>$ tea plantation $>$ orchard land $>$ woodland. (3) The mean value of aggregates MWD was 2.26 mm, and the aggregate MWD of all types of land, except dry farm land, decreased with depth. The total porosity ranged from 38.20%~45.28%, and non-capillary porosity is in surface layer in the following order: woodland $>$ orchard land $>$ tea plantation $>$ abandoned field $>$ dry farm land, with the similar changes in the deeper soil layer.

Key words: land use; soil aggregate; soil structure property; purple soil; Northeast of Guangdong province

土壤结构是土壤的一项重要物理性质。大量研究表明, 团粒结构是土壤肥力的中心调节器, 影响着土壤的孔隙性、持水性、通透性和抗蚀性, 任何土壤的退化首先将表现为团粒结构的消失。团聚体的数量

和大小是决定土壤侵蚀、压实、板结等物理过程速度和幅度的关键指标, 其稳定性也是反映土壤结构状况的重要指标之一^[1-2]。因此, 作为土壤研究的重要方面, 土壤团聚体组成及其结构特性的研究备受国内外

学者的广泛关注,众多研究者已从不同角度对其开展了大量研究工作,但目前国内主要集中在黄土高原、西南山区、川中丘陵区及闽西赣北红壤区等区域^[3-7],而关于粤东北不同土地利用方式下紫色土结构特性变化的研究仍鲜见报道。梅江中上游河谷盆地是粤东北韩江流域的典型区,紫色沉积岩广泛分布,紫色土为该区主要土壤类型之一。由于紫色土质地松软,抗蚀性弱,加之该区域降雨集中且强度大、人口密集、土地垦殖率高等原因,从而导致该区水土流失较为严重,目前该区是韩江流域水土流失重点防治区之一。本文以粤东北梅江中上游河谷盆地紫色土为例,对不同利用方式紫色土团聚体组成及其结构特性变化进行研究,探讨紫色土质量退化特征,对于区域水土保持、控制土壤退化、土地资源可持续利用具有重要的理论价值与指导意义。

1 研究区概况

研究区位于粤东北梅江中上游河谷盆地,梅州市梅南镇境内,位于 $116^{\circ}02' - 116^{\circ}09'E$, $24^{\circ}04' - 24^{\circ}02'N$,是韩江流域水文生态典型区。地形主要以低山、丘陵和河流冲积阶地为主。气候属亚热带季风气候,四季分明,雨量充沛,年均温 $21.2^{\circ}C$,年均降雨量 $1\,472.9\,mm$,无霜期 $300\,d$ 以上,年积温 $7\,700^{\circ}C$ 。土壤主要有紫色土、赤红壤和水稻土等,地带性植被为亚热带季风常绿阔叶林。由于人类活动干扰,近年来区域内原始地带性植被面积大幅度减少,土壤侵蚀退化普遍严重。本研究选取梅江干流河谷的紫色土坡地,采样区主要土地利用方式为茶园、柚果园、旱地、林地和撂荒地。

2 材料与方法

2.1 样品采集与处理

由于紫色土风化成土作用弱,对母岩岩性的继承性强,而紫色母岩因成岩时代和环境的差异,不同地质年代岩石间颗粒组成、化学性质差异较大,即使同一地质年代不同层段也有差异^[8]。因此在紫色土结构特性研究中,选取的各土地利用类型土壤均起源于相同母岩类型,且所选样地坡度、坡向和海拔等环境条件大体相似,以排除因发育条件不同而导致的土壤特性上的差异,从而突显因人为和自然环境变化引起的土壤变化过程。在野外调查的基础上,根据土地利用方式、地形等因素进行样方的选择,在每一土地利用方式下布设3个样方。在每一样方内按“S”形进行设置采样点,并分 $0-20\,cm$ 、 $20-40\,cm$ 土层用塑料饭盒采集原状土样,带回实验室沿土壤自然结构轻轻

剥开,将原状土剥成直径为 $10-12\,mm$ 的小土块,弃去其中的砾石和粗根等杂物,风干备用。同时按土层取混合土样用于测定其理化性质。

2.2 样品分析

待原状土样室内风干后,用干筛法和湿筛法分别测定 $>5\,mm$, $5-2\,mm$, $2-1\,mm$, $1-0.5\,mm$, $0.5-0.25\,mm$ 的各级风干团聚体和水稳性团聚体含量(沙维诺夫法),并计算团聚体平均重量直径(MWD);用环刀取原状土测定土壤容重、孔隙和水分特性;土壤有机质用重铬酸钾—外加热法测定;土壤颗粒组成用比重计法测定;其他土壤基本性质采用常规方法测定^[9-10]。采用 Excel、SPSS 等分析软件进行数据处理和统计分析。

3 结果与讨论

3.1 土壤基本性质

由于土地利用情况不同,导致了土壤养分的差异,进而影响了土壤性质,而土壤性质的差异又会引起土壤结构性的变化^[11]。因此,对土壤的基本性质进行分析,可以为土壤结构特性变化研究提供依据。章明奎等^[12]研究表明,土壤水稳定性大团聚体的形成主要靠有机质和黏粒的胶结作用。由表1可见,同一紫色母质不同土地利用方式下,土壤 pH 值、有机质和黏粒含量等基本性质也发生相应的变化,其中土壤表层($0-20\,cm$)有机质含量顺序依次为:林地>果园>茶园>撂荒地>旱地;黏粒含量林地最高,其次为茶园,旱地最小。土壤底层($20-40\,cm$)有机质和黏土含量变化趋势与表层大体相似,但变化幅度较表层小。在不同利用条件下,研究区紫色土 pH 值在 $5.97-6.71$ 之间变化,说明此类紫色岩发育而成的土壤酸碱性差异不大。总的来看,土壤 pH 值与成土母质相关性较大,而有机质和黏粒含量则受土地利用方式的影响明显。由表1可看出,供试土壤的有机质和黏粒含量基本符合林地>果园>旱地的变化规律,说明植被覆盖和合理的土地利用可以涵养水源、保留养分,维持土壤良好的结构性,提高土壤抗蚀能力^[13]。

3.2 土壤团聚体组成

土壤团聚体数量和组成决定了土壤结构的稳定性,特别是大于 $1\,mm$ 的大团聚体对调节土壤通气与持水以及养分平衡释放有着重要意义^[14]。表1、表2分析了供试土壤干筛和湿筛团聚体组成及团聚体破坏率,可见,利用方式对土壤团聚体的形成有较大影响。分析结果表明:研究区紫色土表层风干团聚体含量较高,干筛 $>0.25\,mm$ 的团聚体含量均大于 91% ,

平均达到 94.17%，且主要以大粒径的团聚体为主，其中>5 mm 的团聚体含量平均达到 48.49%；5~2 mm 的团聚体平均为 22.63%；2~1 mm 的团聚体平均为 9.07%；1~0.25 mm 团聚体平均为 13.98%，这说明表土层各级风干团聚体分布不均匀，大团聚体含量较多，团聚性好。土壤底层风干团聚体含量相对

较小。土样经湿筛处理后，不稳定的团聚体崩解为较小的单元，各土层>0.25 mm 团聚体明显减少，且以>5 mm 团聚体减少为最多。>0.25 mm 水稳性团聚体总量变化为 46.40%~66.92%，平均 54.36%。可见，各紫色土样之间风干团聚体差异不大，而水稳性团聚体之间差别较大。

表 1 不同土地利用方式土壤基本性质与风干团聚体组成

土地利用方式	土层深度/ cm	有机质/ (g·kg ⁻¹)	黏粒/%	pH	各级土壤风干团聚体组成/%				
					>5 mm	5~2 mm	2~1 mm	1~0.5 mm	0.5~0.25 mm
林地	0—20	17.35	23.58	5.97	54.29	20.57	8.69	10.25	3.36
	20—40	10.24	24.61	6.02	49.50	18.47	6.73	9.32	6.28
果园	0—20	15.80	20.37	6.15	51.36	22.63	6.94	9.41	3.98
	20—40	9.96	23.16	6.34	47.85	19.06	7.43	7.18	4.22
茶园	0—20	14.61	21.25	6.27	49.73	23.81	8.47	9.15	3.67
	20—40	7.67	23.90	6.30	43.71	21.04	9.32	10.45	4.14
旱地	0—20	12.47	16.24	6.42	41.89	24.38	11.85	8.36	4.87
	20—40	8.26	18.65	6.71	43.60	21.68	7.53	9.19	5.18
撂荒地	0—20	13.59	19.23	6.34	45.19	21.75	9.38	11.75	5.12
	20—40	7.85	20.71	6.59	43.51	20.59	7.51	9.24	3.68

水稳性团聚体对保持土壤结构稳定性有重要作用，同时也是衡量土壤抗侵蚀能力的指标之一。从表 2 可看出，不同利用类型土壤各土层水稳性团聚体变化基本相同。从土壤表层来看，>5 mm、5~2 mm 和>0.25 mm 水稳定性团聚体含量顺序皆表现为：林地>果园>茶园>撂荒地>旱地；底土层>0.25 mm 水稳定性团聚体含量顺序为：林地>茶园>果园>撂荒地>旱地，而>5 mm 和 5~2 mm 水稳定团聚体含量变化情况则与表土层相似。

林地、果园土壤表层和底层水稳定性团聚体皆以>2 mm 为主，而茶园、撂荒地和旱地>2 mm 的水稳定团聚体比例相对较小，这说明人为耕作活动影响最

大的是大水稳定性团聚体，且由于人为干扰活动，研究区紫色土出现了一些大水稳定性团聚体向较小水稳定性团聚体转化的现象。土壤团聚体破坏率也说明了这一点，各供试土壤团聚体破坏率变化范围为 31.12%~47.60%，变化幅度为 16.48%，其中旱地、撂荒地和茶园的破坏率较高，林地、果园的破坏率较低。可见，林地和果园地具较好的结构性，团聚体最稳定；而人为干扰较大的旱地、撂荒地土壤团聚体数量明显下降，土壤结构的稳定性最差。同一母质发育的土壤因利用方式不同，导致团聚体的组成和质量发生明显变化，这说明利用方式对土壤团聚体的形成有较大的影响。

表 2 不同土地利用方式土壤水稳性团聚体组成

土地利用方式	土层深度/ cm	各级土壤水稳性团聚体组成/%						团聚体破坏率/%
		>5mm	5~2mm	2~1mm	1~0.5mm	0.5~0.25mm	>0.25mm	
林地	0—20	17.35	21.82	10.47	10.53	6.75	66.92	31.12
	20—40	13.16	16.03	9.84	11.21	8.56	58.80	34.88
果园	0—20	12.74	19.21	8.49	8.37	10.62	59.43	36.99
	20—40	8.52	16.53	10.37	9.18	6.57	51.17	40.32
茶园	0—20	9.68	11.45	14.83	10.25	12.4	58.61	38.19
	20—40	7.35	10.92	12.05	13.58	8.29	52.19	41.13
旱地	0—20	4.37	3.50	14.85	14.26	10.89	47.87	47.60
	20—40	6.27	8.39	13.72	9.95	8.07	46.40	46.78
撂荒地	0—20	7.26	8.53	10.78	14.90	11.54	53.01	43.12
	20—40	6.50	7.73	15.92	10.70	8.36	49.21	41.78

注：团聚体破坏率(%)=[(>0.25mm 风干团聚体 - >0.25mm 水稳性团聚体) />0.25mm 风干团聚体]×100%

3.3 土壤团聚体大小特征

土壤团聚体平均重量直径(MWD) 是反映土壤

团聚体稳定性和大小分布状况的常用指标,该值越大表示土壤团聚度越高,稳定性越好,土壤抗侵蚀能力

越强,其数量因土壤团聚体分组的数量和粒径大小而不同^[7,15]。分析图 1 可知,研究区不同利用方式紫色土各土层干筛团聚体 MWD 变化趋势大体一致。各土地利用类型表土层干筛团聚体 MWD 值表现为:林地>果园>茶园>撂荒地>旱地,且各利用类型之间相比差异不显著,说明不同土地利用方式对土壤风干团聚体大小分布的影响不显著,这与张保华等^[16]研究结果相同。底土层风干团聚体 MWD 变化趋势与表层大体相似,但各利用类型间差异进一步减小。湿筛处理后,各土层团聚体 MWD 明显减小,不同利用方式下各土样之间 MWD 差异增大。在 0—20 cm 和 20—40 cm 土层,5 种土地利用类型中均以林地水稳性团聚体 MWD 为最大,撂荒地和旱地最小,其中林地表土层 MWD 分别是撂荒地和旱地的 1.94 倍、2.66 倍,这说明土地利用方式对水稳性团聚体 MWD 影响较大。5 种土地利用方式中林地的稳定性最好,撂荒地和旱地的稳定性最差,说明保护森林植被有利于保持土壤的稳定性,提高土壤抗侵蚀能力。

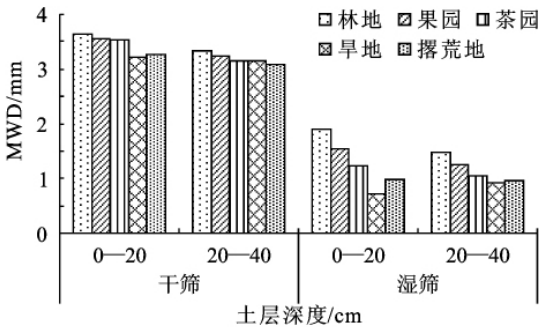


图 1 不同土地利用方式土壤团聚体平均重量直径(MWD)变化
随土壤深度增加,林地、果园和茶园土壤湿筛团聚体 MWD 呈逐渐减少的变化趋势,而旱地则正好相反,随土壤层次的增加而递增。5 种利用类型土壤湿筛 MWD 剖面垂直变化差异不一,其中林地土层间差

异最大(达 0.41 mm),其次是果园(0.29 mm),撂荒地最小(仅 0.03 mm)。这现象与不同利用类型土地的经营措施有关,林地表土层团聚体 MWD 明显大于底土层,这可能与其表层土壤有机质含量较高有关,丰富的有机质有利于促进土壤团聚体的形成^[17];果园虽为人工种植培育,但通常是栽种初期抚育、除草等人为活动较多,长成后人类扰动明显减少,因此其土壤团聚体 MWD 与林地表现出相类似的特征;茶园和旱地需经常除草抚育,致使表层土壤相对疏松,且地表植被不多,其抗侵蚀能力较弱;而撂荒地主要以草本为主,其根系主要集中于土壤表面,对底土层影响较小,故土壤团聚体 MWD 较小,且后期人为活动干扰不多,以致土层间 MWD 差异亦较小。

3.4 土壤孔隙组成分析

土壤孔隙是水分和空气的通道和储存所,它的组成状况直接影响土壤水、热及通气状况和根系穿插的难易,是土体构造的主要指标之一^[18]。而土壤容重主要取决于土壤孔隙及土壤固体的数量,其大小反映出土壤透水性、通气性和根系伸展时的阻力状况^[19]。因此,土壤容重的变化,对土壤的多孔性质产生较大的影响,并影响着土壤的渗透性和保水能力。

不同利用方式紫色土各土层孔隙组成状况存在一定的差异(表 3)。研究区 5 种土地利用类型中,林地、果园的土壤结构特性比相应的撂荒地和旱地优越。与撂荒地和旱地相比,林地、果园表层土壤容重分别降低 7.06%、和 7.50%,总孔隙度则分别提高 11.39%和 10.87%,底层 20—40 cm 土壤亦表现出类似规律,但各土地利用类型间差异相对较小。以上结果表明人类干扰较小的林地土地利用方式有利于改善土壤结构、增强容蓄能力,更有利于土地蓄水保土和植被生长。

表 3 不同土地利用方式土壤孔隙组成

土地利用方式	土层深度/cm	土壤容重/(g·cm ⁻³)	土粒密度/(g·cm ⁻³)	土壤总孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙/毛管孔隙
林地	0—20	1.45	2.65	45.28	9.13	36.15	0.25
	20—40	1.57	2.68	41.35	7.64	33.71	0.23
果园	0—20	1.48	2.63	43.76	8.32	35.44	0.23
	20—40	1.53	2.59	41.09	7.95	33.14	0.24
茶园	0—20	1.51	2.62	42.50	7.80	34.70	0.22
	20—40	1.58	2.58	38.92	6.48	32.44	0.19
旱地	0—20	1.60	2.64	39.47	7.07	32.40	0.21
	20—40	1.64	2.65	38.20	5.78	32.42	0.18
撂荒地	0—20	1.56	2.63	40.65	7.31	33.34	0.21
	20—40	1.62	2.66	39.16	6.65	32.51	0.20

土壤非毛管孔隙数量多少主要反映土体在垒结上的松紧状态,反映土壤动态涵蓄水能力^[18]。由表 3

可见,5 种土地利用类型各土层总孔隙度介于 38.20%~45.28%,其中,0—20 cm 土层非毛管孔隙

度相对顺序为:林地>果园>茶园>撂荒地>旱地,林地、果园表层土壤非毛管孔隙度分别比撂荒地和旱地增加 24.89%、17.68%。底层土壤非毛管孔隙亦有类似变化规律。这表明林地和果园紫色土具有较好的孔隙状况,大小孔隙比例较为适中,通气状况和蓄水能力较好。土地利用方式转变为农耕地后紫色土总孔隙数量下降,大孔隙减少,土壤构造变得较为紧实,从而降低了土壤通气性和透水性,这种孔隙状况反过来又对土壤水稳性团粒的形成产生不良影响。

4 结 论

(1)研究区 5 种土地利用类型紫色土表土层各级干筛团聚体分布不均匀,表土层风干团聚体以大粒径为主,团聚性好。各土地利用方式土壤之间风干团聚体差异不大,而水稳性团聚体之间差别则较大,湿筛处理后,各土层>0.25 mm 团聚体明显减少,表明不同土地利用方式对紫色土水稳性团聚体有较大影响。

(2)不同利用方式紫色土各土层水稳性团聚体变化基本相同,>5 mm、5~2 mm 和>0.25 mm 表土层水稳性团聚体含量顺序均表现为:林地>果园>茶园>撂荒地>旱地,>5 mm 水稳性团聚体数量及团聚体的水稳定性与有机质和黏粒含量成正相关。结构体破坏率则表现为旱地>撂荒地>茶园>果园>林地,表明农耕地由于人为扰动,团聚体水稳性较园地、林地差。

(3)紫色土各土层团聚体 MWD 变化趋势大体一致,均以林地为最大,撂荒地和旱地最小。不同土地利用方式对土壤风干团聚体大小分布影响不显著,但湿筛处理后,各土层团聚体 MWD 明显减小,各利用类型之间团聚体 MWD 差异增大,表明土地利用方式对水稳性团聚体 MWD 影响较大。5 种利用类型土壤湿筛 MWD 剖面垂直变化差异不一,这与不同利用类型土地的经营措施有关。

(4)不同利用方式紫色土各土层孔隙组成状况存在一定的差异,林地、果园土壤在总孔隙数量、大小孔隙比例等结构特性方面比相应的撂荒地和旱地优越。因此,研究区应保护好地带性森林植被,维持林地土壤良好结构,提高土壤肥力。同时通过合理调整土地利用结构,有效改善土壤结构,防止水土流失,以达到紫色土资源持续利用。

参考文献:

[1] Bernard B, Eric R. Aggregate stability as an indicator of

soil susceptibility to runoff and erosion: validation at several levels [J]. Catena, 2002, 47: 133-149.

- [2] Rattan Lal. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century[J]. Soil Science, 2000, 165: 191-207.
- [3] 安韶山,张玄,张扬,等. 黄土丘陵区植被恢复中不同粒级土壤团聚体有机碳分布特征[J]. 水土保持学报, 2007, 21(6): 109-113.
- [4] 李阳兵,魏朝富,谢德体,等. 岩溶山区植被破坏前后土壤团聚体分形特征研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 51-55.
- [5] 张保华,徐佩,廖朝林,等. 川中丘陵区人工林土壤结构性及对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持通报, 2005, 25(3): 25-28.
- [6] 谢锦升,杨玉盛,陈光水,等. 植被恢复对退化红壤团聚体稳定性及碳分布的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 702-709.
- [7] 彭新华,张斌,赵其国. 红壤侵蚀裸地植被恢复及土壤有机碳对团聚体稳定性的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2176-2183.
- [8] 李仲明. 中国紫色土[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 59-70.
- [9] 林大仪. 土壤学实验指导[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 42-168.
- [10] 中科院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987: 62-136.
- [11] Kay B D. Rate of change of soil structure under different cropping systems[J]. Adv. soil, 1990, (12): 1-5.
- [12] 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.
- [13] 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): 27-29.
- [14] 姜培坤,周国模,钱新标. 侵蚀型红壤植被恢复后土壤养分含量与物理性质的变化[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 12-14.
- [15] 闫峰陵,史志华,蔡崇法,等. 红壤表土团聚体稳定性对坡面侵蚀的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 577-583.
- [16] 张保华,徐佩,廖朝林,等. 川中丘陵区人工林土壤结构性及对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持通报, 2005, 25(3): 25-28.
- [17] 王清奎,汪思龙. 土壤团聚体形成与稳定机制及影响因素[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 415-421.
- [18] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 66-94.
- [19] 华孟,王坚. 土壤物理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 165-168.