

不同经营年限山核桃林地枯落物和土壤的水文效应

叶晶¹, 吴家森^{1,2}, 张金池², 童志鹏³

(1. 浙江农林大学 浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 浙江 临安 311300;
2. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 临安市林业局, 浙江 临安 311300)

摘要: 为探讨山核桃(*Carya cathayensis* Sarg.)—常绿阔叶混交林转变为山核桃纯林过程中林地枯落物和土壤水文效应的变化, 利用相邻样地比较采样法, 研究了山核桃—阔叶混交林 0, 5, 10, 20 a 山核桃纯林的水源涵养能力差异。结果表明, 林地枯落物层持水量、吸水速率与浸水时间的关系分别符合对数函数和指数函数; 0 a 林地的枯落物层蓄积量、最大持水量和有效拦蓄量显著高于 5, 10, 20 a 的山核桃林地; 随着经营年限的延长, 林地枯落物层蓄积量、最大持水量和有效拦蓄量呈下降的趋势, 与 0 a 相比, 分别下降了 38.2%~54.6%, 58.1%~69.7%, 21.0%~33.2%; 土壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度和总毛管孔隙度及持水力等指标在不同经营年限山核桃林地之间的差异并不显著, 与 0 a 土壤的持水力(21 450.0 t/hm²)相比, 经过不同年限的经营, 持水力分别下降了 10.6%~20.4%。总体上, 山核桃—常绿阔叶混交林转变为山核桃纯林后, 降低了林地枯落物和土壤的水文效应。

关键词: 经营年限; 山核桃; 枯落物; 水文效应

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0087-05

中图分类号: S715.7

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.017

Hydrological Effects of Litters and Soils in *Carya Cathayensis* Forest with Different Managing Time

YE Jing¹, WU Jia-sen^{1,2}, ZHANG Jin-chi², TONG Zhi-peng³

(1. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling in Forest Ecosystems and Carbon Sequestration, Zhejiang Agricultural & Forestry University, Lin'an, Zhejiang 311300, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China; 3. Forestry Bureau of Lin'an City, Lin'an, Zhejiang 311300, China)

Abstract: In order to investigate the effect of changes of forest type converted from chinese hickory(*Carya cathayensis* Sarg.)—evergreen broad-leaved mixed forest to pure *C. cathayensis* forest on litter and soil hydrological characteristics, we studied the difference of the water conservation abilities between *C. cathayensis* broad-leaved mixed forest and pure *C. cathayensis* forest in 0, 5, 10 and 20 a by using comparative sampling adjacent plots method. Results showed that woodland litter water-holding capacity, absorption rate and soaking time relations were in line logarithmic and exponential functions. The 0 a woodland litter accumulation, maximum water-holding capacity and effective interception amount were significantly higher than 5, 10, 20 a *C. cathayensis* woodlands. As the extension of managing time, the woodland litter accumulation, maximum water-holding capacity and effective interception amount showed a downward trend. Compared with 0 a woodland, others decreased by 38.2%~54.6%, 58.1%~69.7% and 21.0%~33.2%. The differences of the soil bulk density, non-capillary porosity, capillary porosity, total capillary porosity and water holding capacity and other indicators in different managing histories of *C. cathayensis* forest were not significant. Compared with the water-holding capacity (21 450.0 t/hm²) of 0 a woodland soil, through different years of management, the water-holding capacity decreased from 10.6% to 20.4%. All of these indicate that the forest litter and soil hydrological effects were reduced after the *C. cathayensis* evergreen broad-leaved mixed forest was converted to pure *C. cathayensis* forest.

Keywords: managing time; *Carya cathayensis* Sarg.; litter; hydrological effect

收稿日期: 2013-07-04

修回日期: 2013-07-11

资助项目: 浙江省科技厅项目“浙江省果品产业创新团队”(2009R50033)

作者简介: 叶晶(1989—), 男(汉族), 浙江省建德市人, 硕士研究生, 研究方向为水土环境。E-mail: yejingzj2013@163.com。

通信作者: 吴家森(1972—), 男(汉族), 浙江省庆元县人, 硕士, 教授级高级工程师, 主要从事森林土壤学研究。E-mail: jswu@zafu.edu.cn。

水源涵养功能是森林生态系统的重要生态服务功能之一,森林具有世界上最大的水土保持及水源涵养能力^[1]。不同树种组成的林分因林冠层、下木活地被物层、凋落物层和根系层的结构、组成、种类、数量和性质的差异,从而造成不同林分截持降水,贮蓄水分,调节径流的能力不同,它是森林植被和土壤长期共同综合作用的结果^[2]。

森林枯落物和森林土壤是森林生态系统特有的组成成分。枯落物层是森林水文效应的第 2 活动层,是森林涵养水源作用的主要作用层。枯落物凭借其强大的表面积和结构疏松的特点,能有效地截留并吸附一定量的降雨,充分调节地表径流,防止土壤产生溅蚀,减少土壤水分蒸发和改善土壤理化性质,被人们形象的称之为“森林水库”^[3]。枯落物层的持水能力与其种类、干重、湿度、分解程度、累积状况等有较密切的关系^[4]。森林土壤层作为森林水文作用的第 3 活动层,是森林最大的贮水库和水分调节器。因此,森林枯落物和土壤水文效应监测是森林健康监测中非常重要的环节。目前对不同区域、不同林分类型枯落物和土壤的持水特性研究较多^[5-6],但对同一树种不同经营年限的枯落物特征及土壤水文效应的研究报道较少。

山核桃是中国重要的干果和木本粮油树种,是浙、皖交界天目山区的支柱产业。在经济效益的驱动下,大量的山核桃—阔叶混交林改造成为山核桃纯林,在改造过程中,非目的树种如枫香、木荷、青冈等被伐尽,加之草甘膦等大量除草剂的施用,使林下灌木、草本层缺失,造成林相单一,土壤裸露,林地

土壤受到中度至剧烈的侵蚀,侵蚀模数在 1 157~3 887 t/(km²·a)^[7]。不少学者已对山核桃林地土壤肥力、果实品质等进行了相关研究^[8-10],但对于天然林转变为山核桃纯林后的凋落物和土壤水文效应的研究尚未见报道。本文通过相邻样地比较采样法,研究了不同经营年限山核桃林地枯落物和土壤水文效应,可了解山核桃人工林土壤的生态功能,以期为山核桃林地的科学管理提供基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区设在浙江省临安市昌化镇,是中国山核桃分布的中心产区,属北亚热带季风气候。多年平均气温为 15.8℃,7 月为最热月,平均为 28.1℃,1 月为最冷月,平均为 3.4℃,极端高温和极端低温分别为 41.9 和 -13.3℃,年平均有效积温 5 774℃。年平均降水量 1 500 mm,年平均日照时数 1 774 h,无霜期 234 d。海拔高度在 340~370 m。土壤类型为红壤。

1.2 样品采集与分析方法

样品采集时间为 2012 年 4 月 10 日,实验和分析时间为 2012 年 4 月 12 日至 2012 年 4 月 25 日。为保证试验的精确度,减少样地间的差异,采用相邻样地比较法进行采样分析^[11],即在比较平缓的中上坡地段,选择坡向、坡度和土壤类型相同的 5,10,20 年生山核桃纯林 3 块,另外在样地周围选择 3 块山核桃—阔叶混交林作为对照,即为 0 a,面积分别为 300 m²。不同经营年限山核桃林分基本情况如表 1 所示。

表 1 不同经营年限山核桃林分基本特征

经营年限/a	海拔/m	坡度/(°)	坡向	平均高/m	平均胸径/cm	郁闭度	林层结构	树种组成
0	350	15	南	8.5	12.0	0.8	乔木+灌木+草本	枫香、木荷、青冈、山核桃
5	345	16	南	5.0	6.0	0.4	乔木+草本	山核桃
10	352	16	南	8.0	9.0	0.6	乔木+草本	山核桃
20	355	15	南	9.0	12.0	0.8	乔木+草本	山核桃

1.2.1 枯落物层调查 在选择好的标准地中按 S 形方法布设 5 个调查点,每点按照 1 m×1 m 采集枯落物,带回实验室,按照《森林土壤定位研究法》进行相关指标的测定,并据此计算枯落物蓄积量和持水量等指标。采用室内浸泡法测定枯落物持水量及其吸水速率,具体做法,取部分风干好的枯落物称重,然后将其装入纱布袋中,再将装有枯落物的纱布袋完全浸入盛有清水的容器中,分别浸水 0.25,0.5,1,2,3,4,6,8,12,24 h 后取出纱布袋,将其静置 5 min 左右,至枯落物不滴水时称量。每次称量所得的枯落物湿重与

其风干重差值,即为枯落物浸水不同时间的持水量,该差值与浸水时间的比值即为枯落物的吸水速率^[12]。

1.2.2 土壤物理性状和持水能力测定 分别采集不同样地中枯落物调查的 5 个点表层(0—30 cm)土样,将其混合,然后采用四分法分别取样品 1 kg 左右,带回室内风干,过 2 mm 筛,待用。

土壤容重测定采用环刀法,在野外采原状土直接测定;土壤非毛管孔隙度用环刀法;土壤非毛管孔隙持水量测定用计算法^[13-14]。

$$S=10\ 000\ hp$$

式中: S ——土壤持水力(t/hm^2); h ——土壤层厚度(m); p ——非毛管孔隙度(%)。

数据处理在 SPSS 13.0 软件上完成,采用单因素方差分析(one-way ANOVA)数据组间的差异,显著性水平设定为 $\alpha=0.05$ 。单因素方差分析是用来研究一个控制变量的不同水平是否对观测变量产生了显著影响。只能判断控制变量是否对观测变量产生了显著影响。新复极差法是方差分析的进一步分析,用于多种因素对某一结果影响的各个因素之间的显著性分析,即实验结果的两两比较。

2 结果与讨论

2.1 不同经营年限山核桃林地枯落物层特征

2.1.1 不同经营年限山核桃林地枯落物层持水量随时间的变化 枯落物的持水量是反应枯落物层水文特性的一个重要因子,它与枯落物类型、组成结构、蓄积量、湿度及分解状况等密切相关^[15]。不同经营年限

山核桃林地枯落物层持水量随时间的变化如图 1 所示。经回归分析,枯落物层持水量与浸水时间的关系符合对数函数(表 2)。在最初浸泡的 1 h 内,枯落物持水量增加的较为迅速,而后随着浸水时间的延长,持水量增加的速度逐渐减小。枯落物层这一变化趋势与枯落物拦蓄地表径流规律相似,即在降雨初期,枯落物拦蓄地表径流功能表现的较强,此后随着枯落物湿润程度的增加,吸持能力降低^[16]。

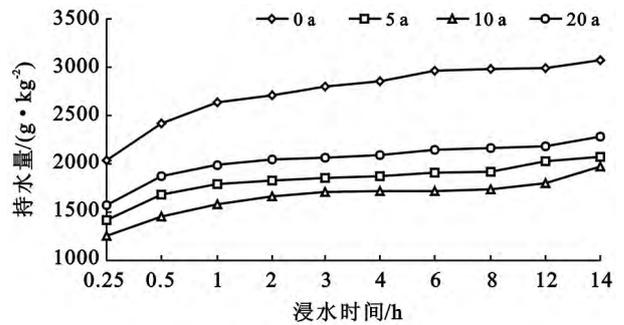


图 1 不同经营年限山核桃林地枯落物层持水量变化

表 2 不同经营年限山核桃林地枯落物持水量、吸水速率与浸水时间回归方程

经营年限/a	枯落物持水量与浸水时间的关系		枯落物吸水速率与浸水时间的关系	
	方程式	R^2	方程式	R^2
0	$y=211.14\ln t+2\ 524.2$	0.911 0	$S=2\ 375.7t^{-0.152\ 1}$	0.712 3
5	$y=123.09\ln t+1\ 706.1$	0.907 3	$S=1\ 595t^{-0.152\ 6}$	0.699 2
10	$y=132.24\ln t+1\ 517.5$	0.929 3	$S=1\ 416.2t^{-0.150\ 2}$	0.697 1
20	$y=133.68\ln t+1\ 902.9$	0.892 0	$S=1\ 783.9t^{-0.153\ 3}$	0.704 3

2.1.2 不同经营年限山核桃林地枯落物层吸水速率

不同经营年限山核桃林地枯落物层的吸水速率表现出相同的规律性(如图 2 所示),对 0.25~24 h 林地枯落物层吸水速率与浸水时间之间的关系进行分析并拟合,发现枯落物吸水速率与浸水时间之间的关系符合指数方程(表 2)。枯落物在前 1 h 内吸水速率最大,之后吸水速率变小,2 h 左右时下降速度明显减缓。虽然不同经营年限山核桃林地枯落物在浸入水中刚开始时吸水速率相差较大,但随浸水时间延长,枯落物吸水速率趋向一致。这主要是因为随着浸水时间增长,枯落物持水量接近其最大持水量,也就是说枯落物逐渐趋于饱和,其持水量增长速度随之减缓^[17]。

2.1.3 不同经营年限山核桃林地枯落物层蓄积量和有效拦蓄量 枯落物层是保障森林充分发挥涵养水源功能的一个重要的森林水文层次,具有明显的蓄水作用。不同经营年限山核桃林地枯落物蓄积量化如表 3 所示。从表 3 中可知,随着经营年限的延长,山核桃林地枯落物蓄积量有下降的趋势,天然混交林(0 a)蓄积量最大($4.76\ t/hm^2$),与经营年限为 5,10,

20 年生的山核桃纯林之间有显著差异。这主要是由于混交林比山核桃纯林的林分结构更加复杂,具有乔灌木的空间分布特征,每年产生的枯落物数量较多,而山核桃纯林由于去除了林下灌木杂草,产生的落叶也较少。

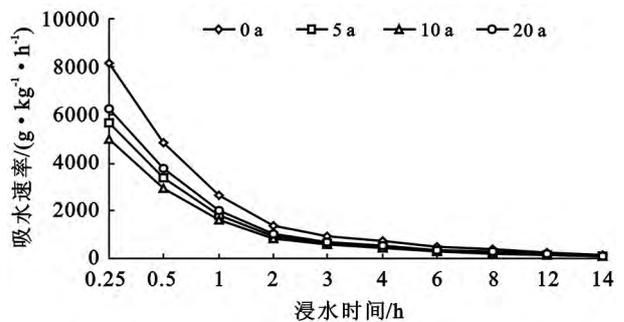


图 2 不同经营年限山核桃林地枯落物层吸水速率变化

枯落物层的自然含水量是表征单位干物质在自然状况下的持水能力,通常受气候和林分等因素的影响。由表 3 可知,枯落物层自然含水率为山核桃—阔叶混交林最高,并且随着经营年限的增加呈逐渐下降

的趋势。这表明山核桃—阔叶混交林枯落物层蓄积量较大与分解速度慢及林中湿度较大有关。

林地枯落物层最大持水率(量)和最大拦蓄量均以山核桃—阔叶混交林为最大,它与山核桃纯林之间存在着显著差异(表 3)。林地枯落物层最大持水率(量)和最大拦蓄量随着经营年限的延长而呈下降的趋势,而 10 a 后又逐渐升高。这主要是因为山核桃—阔叶混交林枯落物层被破坏程度小,枯落物的结构较好,使其枯落物的最大持水率(量)最大,经改造

为山核桃纯林后,人为干扰强度大,枯落物量减少,最大持水率(量)和最大拦蓄量均随着减小。

有效拦蓄量可比较准确估算枯落物对降雨的实际拦蓄量^[18]。从表 3 可知,不同经营年限山核桃林地枯落物层有效拦蓄量、有效拦蓄率和有效拦蓄深等指标的变化规律与最大持水率(量)的变化趋势一致。与 0 a 相比,不同经营年限山核桃林地有效拦蓄量、有效拦蓄率和有效拦蓄深分别降低了 57.0%~68.4%,21.0%~33.2%,21.0%~33.2%。

表 3 不同经营年限山核桃林地枯落物层拦蓄能力

经营历史/a	蓄积量/ (t·hm ⁻²)	自然含水率/%	最大持水率/%	最大持水量/ (t·hm ⁻²)	最大拦蓄率/%	有效拦蓄量/ (t·hm ⁻²)	有效拦蓄率/%	有效拦蓄深/mm
0	4.76 ± 0.52a	29.4 ± 3.0a	307.0 ± 31.2a	14.61 ± 1.52a	277.6 ± 28.2a	11.02 ± 1.25a	231.5 ± 24.2a	23.2 ± 2.2a
5	2.94 ± 0.32b	15.5 ± 1.6b	208.0 ± 21.5b	6.12 ± 0.65b	192.5 ± 19.8b	4.74 ± 0.52b	161.3 ± 17.2b	16.1 ± 1.5b
10	2.25 ± 0.28b	12.9 ± 1.4b	197.1 ± 20.4b	4.43 ± 0.51b	184.2 ± 17.9b	3.48 ± 0.42b	154.6 ± 16.3b	15.5 ± 1.6b
20	2.16 ± 0.28b	11.8 ± 1.3b	229.2 ± 23.1b	4.94 ± 0.56b	217.2 ± 22.3b	3.94 ± 0.46b	182.8 ± 19.4b	18.3 ± 1.9b

注:同一列不同小写字母表示在数值上存在显著差异($p < 0.05$)。下同。

2.2 不同经营年限山核桃林地土壤物理性状及其持水能力

土壤持水性能主要涉及的因子有土壤容重、孔隙度、毛管持水量等土壤物理性状。容重反映土壤透水性、通气性和根系延展时阻力的大小,孔隙度则是土壤中养分、水分、空气和微生物等的迁移通道、贮存库和活动场所^[19]。不同经营年限山核桃林地土壤物理性状见表 4。从表中可知,不同经营年限山核桃林地土壤容重之间的差异并不显著,介于 1.10 ~

1.18 g/cm³。非毛管孔隙度、毛管孔隙度及总毛管孔隙度在不同经营年限山核桃林地土壤中的差异也不显著。

不同经营年限山核桃林地土壤持水力大小顺序为:0 a(21 450.0 t/hm²) > 20 a(19 170.0 t/hm²) > 10 a(19 050.0 t/hm²) > 5 a(17 070.0 t/hm²)。在相同立地条件下,混交林对土壤理化性质的改善能力比纯林更显著,使水分更充分地进入土壤或转变为地下径流,有效控制水土流失^[20]。

表 4 不同经营年限山核桃林地土壤物理性状

经营年限/a	容重/(g·cm ⁻³)	非毛管孔隙度/%	毛管孔隙度/%	总孔隙度/%	土壤持水力/(t·hm ⁻²)
0	1.10 ± 0.12	7.15 ± 0.72	51.44 ± 5.23	58.59 ± 5.91	21 450.0 ± 2 160.0a
5	1.18 ± 0.13	5.69 ± 0.59	49.60 ± 5.12	55.29 ± 5.70	17 070.0 ± 1 770.0a
10	1.11 ± 0.11	6.35 ± 0.67	50.83 ± 5.24	57.18 ± 5.82	19 050.0 ± 2 010.0a
20	1.18 ± 0.12	6.39 ± 0.68	49.01 ± 5.15	55.40 ± 5.63	19 170.0 ± 2 040.0a

3 结论

利用相邻样地比较采样法,对山核桃—常绿阔叶林转变为山核桃纯林过程中林地枯落物和土壤水文效应的变化进行了探讨。结果表明,不同经营年限山核桃林地的水源涵养能力具有明显差异。

(1) 不同经营年限山核桃林地枯落物层持水量、吸水速率与浸水时间的关系分别符合对数函数和指数函数。随着浸水时间的延长,各不同林地枯落物持水量和吸水速率均在前 1 h 内变化较快,之后变化趋势变缓。

(2) 各不同林地枯落物层蓄积量在 2.16 ~ 4.76 t/hm²,其中 0 年生山核桃林地枯落物的蓄积量最大,20 a 的蓄积量最小。0 年生山核桃林地枯落物的最大持水量最大,为 14.61 t/hm²,是 10 年生山核桃林地枯落物持水能力的 3.3 倍。各不同林地枯落物有效拦蓄率变化范围为 154.63%~231.53%;最大有效拦蓄率为 0 年生山核桃林,最小有效拦蓄率为 10 年生山核桃林。

(3) 土壤容重、非毛管孔隙度、毛管孔隙度和总毛管孔隙度及持水力等指标在不同经营年限山核桃林地之间的差异并不显著。土壤容重介于 1.10 ~

1.18 g/cm³。与0 a土壤的持水力(21 450.0 t/hm²)相比,经过不同年限的经营,持水力分别下降了10.6%~20.4%。

[参 考 文 献]

- [1] 理查德 L. 森林小气候[M]. 北京:气象出版社,1986:169-196.
- [2] 时忠杰,王彦辉,于澎涛,等. 宁夏六盘山林区几种主要森林植被生态水文功能研究[J]. 水土保持学报,2005,19(3):134-138.
- [3] 杨吉华,张永涛,李红云,等. 不同林分枯落物的持水性能及对表层土壤理化性状的影响[J]. 水土保持学报,2003,17(2):141-144.
- [4] 李文影. 不同林龄白桦林水源涵养及水化学特征研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2009.
- [5] 王鹏程,肖文发,张守攻,等. 三峡库区森林植被林地枯落物现存量及其持水能力[J]. 中国水土保持科学,2008,6(4):41-47.
- [6] 樊登星,余新晓,岳永杰,等. 北京西山不同林分枯落物层持水特性研究[J]. 北京林业大学学报,2008,30(2):177-181.
- [7] 王云南. 浙江省典型经济林水土流失特征分析与防治措施优化设计[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [8] 黄兴召,黄坚钦,陈丁红. 不同垂直地带山核桃林地土壤理化性质比较[J]. 浙江林业科技,2010,30(6):27-31.
- [9] 路玉林,戴圣潜,李运怀,等. 安徽宁国市山核桃农业地质环境的因子分析研究[J]. 土壤通报,2006,37(6):1203-1206.
- [10] 黄程鹏,吴家森,许开平,等. 不同施肥山核桃林氮磷径流流失特征[J]. 水土保持学报,2012,26(1):43-52.
- [11] Murty D, Kirschbaum M U F, Mcmurtrie R E, et al. Dose conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen: a review of the literature[J]. Global Change Biol., 2002,8(2):105-123.
- [12] 李良,翟洪波,姚凯,等. 不同林龄华北落叶松人工林枯落物储量及持水特性研究[J]. 中国水土保持,2010(3):32-34.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [14] 宫渊波,麻泽龙,陈林武,等. 嘉陵江上游低山暴雨区不同水土保持林结构模式水源涵养效益研究[J]. 水土保持学报,2004,18(3):28-32,36.
- [15] 杨吉华,张永涛,李红云,等. 不同林分枯落物的持水性能及对表层土壤理化性状的影响[J]. 水土保持学报,2003,17(2):141-144.
- [16] 饶良懿,朱金兆,毕华兴. 重庆四面山森林枯落物和土壤水文效应[J]. 北京林业大学学报,2005,27(1):33-37.
- [17] 程金花,张洪江,余新晓,等. 贡嘎山冷杉纯林地地被物及土壤持水特性[J]. 北京林业大学学报,2002,24(3):45-49.
- [18] 高人,周广柱. 辽宁东部山区几种主要森林植被类型枯落物层持水性能研究[J]. 沈阳农业大学学报,2002,33(2):115-118.
- [19] 孙艳红,张洪江,程金花,等. 缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报,2006,20(2):106-109.
- [20] 蒋文伟,余树全,周国模,等. 安吉地区不同森林植被水源涵养功能的研究[J]. 江西农业大学学报:自然科学版,2002,24(5):635-639.

(上接第86页)

- [20] 李勇,武淑霞,夏侯国凤. 紫色土区刺槐林根系对土壤结构的稳定作用[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(2):1-7.
- [21] 冯固,张玉凤,李晓林. 丛枝菌根真菌的外生菌丝对土壤水稳性团聚体形成的影响[J]. 水土保持学报,2001,15(4):99-102.
- [22] 程丽娟,来航线,李素俭,等. 微生物对土壤团聚体形成的影响[J]. 西北农业大学学报,1994,22(4):93-97.
- [23] MacCalla T M. Influence of some microbial groups on stabilizing soil structure against falling water drops[J]. Soil Science Society of America Proceedings, 1946,11(C):260-263.
- [24] Jastrow J D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1996,28(4):665-676.