

林地转变为茶园对土壤团聚体及渗透性能的影响

陈玉真^{1,2,3}, 王峰^{1,2,3}, 吴志丹^{1,2,3}, 江福英^{1,2,3},
张文锦^{1,2,3}, 翁伯琦³, 罗旭辉³, 尤志明^{1,2,3}

(1. 福建省农业科学院茶叶研究所, 福建 福安 355015; 2. 福建茶树及乌龙茶加工科学观测站,
福建 福安 355015; 3. 福建省红壤山地农业生态过程重点实验室, 福州 350013)

摘要: 采用野外调查和室内分析相结合的方法, 研究了林地转变为茶园对土壤团聚体及渗透性能的影响。结果表明: 林地和植茶 30 年茶园土壤水稳性团聚体以 >5 mm 粒径为主, 新垦 3 年茶园以 <0.25 mm 的微团聚体含量为主。林地开垦为茶园后, 在 0—20 cm 土层中土壤 >0.25 mm 的水稳性团聚体含量 ($R_{0.25}$)、平均重量直径 (MWD)、几何平均值 (GMD)、初始渗透速率、平均渗透速率、稳定渗透速率、前 30 min 渗透量和总渗透量分别降低了 10.59%~19.38%, 30.32%~65.60%, 44.04%~72.08%, 49.97%~76.62%, 51.04%~73.90%, 51.90%~55.66%, 55.61%~78.82%, 59.65%~69.23% ($P<0.05$), 分形维数 (D) 则显著增加了 4.61%~7.52% ($P<0.05$); 各样地土壤 $R_{0.25}$ 、MWD、GMD、初始渗透速率、平均渗透速率、稳定渗透速率、前 30 min 渗透量和总渗透量均表现为林地 $>$ 植茶 30 年茶园 $>$ 新垦 3 年茶园, D 表现趋势则相反; Pearson 相关分析表明, 各样地土壤渗透性能指标与 $R_{0.25}$ 、MWD、GMD 和 >5 mm 团聚体含量呈极显著正相关, 与 1~2, 0.5~1, 0.25~0.5, <0.25 mm 团聚体含量、分形维数 (D) 呈显著或极显著负相关; 各样地土壤团聚体稳定性指标 (D 除外) 和渗透性能参数均与土壤有机碳、碱解氮、速效钾、孔隙度和田间持水量之间呈极显著正相关, 与土壤容重之间呈极显著负相关, 与 pH 和速效磷之间相关性不显著。以上结果表明, 林地开垦为茶园后, 土壤水稳性团聚体含量下降 (尤其是 >5 mm 大团聚体含量), 从而导致土壤团聚体稳定性降低, 渗透性能指标也随之下降; 随着植茶年限增加, 土壤有机碳和速效养分增加, 有利于增加土壤大团聚体含量, 土壤团聚体稳定性和渗透性能指标得到恢复, 但仍未达到林地水平。

关键词: 林地开垦; 茶园; 土壤团聚体; 渗透性能

中图分类号: S152.4

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2018)05-0134-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2018.05.022

Effects of Conversion from Forestland into Tea Garden on Soil Aggregate and Infiltration Capability

CHEN Yuzhen^{1,2,3}, WANG Feng^{1,2,3}, WU Zhidan^{1,2,3}, JIANG Fuying^{1,2,3},
ZHANG Wenjin^{1,2,3}, WENG Boqi³, LUO Xuhui³, YOU Zhiming^{1,2,3}

(1. Tea Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fu'an, Fujian 355015; 2. Scientific
Observing and Experimental Station of Tea Tree and Oolong Tea Processes in Fujian, Ministry of Agriculture, Fu'an,
Fujian 355015; 3. Fujian Province Key Laboratory of Agro-Ecological Processes in Hilly Red Soil, Fuzhou 350013)

Abstract: Through the field survey and laboratory analysis, this paper studied the impact on soil aggregate and infiltration capability after forestland converted into tea garden. The results showed that the water-stable aggregates of the forestland and 30 years-tea garden (30 years) were dominated by macro-aggregates (>5 mm), and the soil micro-aggregates (<0.25 mm) was the highest in newly-reclaimed young tea garden (3 years). After the conversion from forestland into tea garden, in 0—20 cm depth, the soil $R_{0.25}$ (water-stable aggregate >0.25 mm), mean weight diameter (MWD), geometric mean diameter (GMD), initial infiltration rate, average infiltration rate, stable infiltration rate, cumulative infiltration in 30 min and cumulative infiltration significantly decreased by 10.59%~19.38%, 30.32%~65.60%, 44.04%~72.08%, 49.97%~

收稿日期: 2018-04-03

资助项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0200903); 福建省科技重大专项 (2017NZ0002); 福建省农业科学院科技创新团队项目 (STIT2017-1-3, STIT2017-3-8); 国家茶产业体系宁德综合试验站项目 (CARS-23)

第一作者: 陈玉真 (1985—), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事茶树栽培与环境生态研究。E-mail: taotaoyuzhen@163.com

通信作者: 尤志明 (1964—), 男, 本科, 研究员, 主要从事茶树栽培研究。E-mail: 847842412@qq.com

76.62%, 51.04%~73.90%, 51.90%~55.66%, 55.61%~78.82% and 59.65%~69.23% ($P < 0.05$) respectively, and the fractal dimension (D) significantly increased by 4.61%~7.52% ($P < 0.05$). The soil $R_{0.25}$, MWD, GWD, initial infiltration rate, average infiltration rate, stable infiltration rate, cumulative infiltration in 30 min and cumulative infiltration were in the order of forestland > 30 years-tea garden > newly-reclaimed young tea garden, and D varied as the opposite trend simultaneously. Pearson correlation analysis showed that soil infiltration properties in different plots had a extremely significant positive correlation with $R_{0.25}$, MWD, GWD and >5 mm macro-aggregates, and a significant or extremely negative correlation with D , 1~2, 0.5~1, 0.25~0.5 and <0.25 mm micro-aggregates. The eigenvalues of soil aggregate and infiltration capability (except the D) had extremely significant positive correlation with soil organic carbon, available nitrogen, available potassium, soil porosity and field capacity, and showed extremely significant negative correlation with soil bulk density, but not significant correlation with soil pH and available phosphorus. In summary, soil water-stable aggregate (especially the >5 mm macro-aggregates) contents were decreased dramatically after forestland converted into tea garden, consequently reducing the soil aggregates stability and also the soil infiltration capability. With the increasing tea plantation age, the soil organic carbon and available nutrients were also improved, which could increase the soil macro-aggregates content, leading to the improved soil aggregate and infiltration capability, but still not reach the level of forest.

Keywords: reclamation of forestland; tea garden; soil aggregates; soil infiltration

茶园是我国亚热带丘陵山区重要的土地利用类型,大多由撂荒地或林地开垦而成。林地开垦为茶园后,受茶树生物物质循环及高强度持续栽培管理措施(施肥、清耕作业和农药)等因素的影响,使土壤理化性质和微生物活性发生明显变化^[1-2]。同时,受茶园“三光”栽培措施(梯壁光、梯埂光和园面光)和顺坡种植的影响,使得茶园(尤其是新垦茶园)覆盖度较低,易受季节性暴雨的直接冲刷,造成土壤侵蚀和养分流失^[3-4]。

土壤团聚体作为土壤结构重要的参数,其粒径分布和稳定性是决定土壤抗冲性、孔隙分布、可塑性、结皮等物理过程关键指标。土壤渗透是指降雨或灌溉水通过地表向下的流动过程,其入渗过程和性能与土壤水分利用与再分配密切相关,影响茶园土壤(尤其是山地顺坡种植茶园)地表和地下径流、土壤侵蚀、养分的迁移及面源污染等过程,也是评价茶园生态系统水分调节功能的重要指标之一^[5-6]。良好的土壤团聚体结构有助于在土壤内部形成大量孔隙,而孔隙状况的提高能增加土壤对水分的入渗性能,因此土壤团聚体稳定性对土壤的入渗性能和过程有着重要的影响。当前,有关不同植茶年限和耕作方式下茶园土壤团聚体分布和稳定性特征已有研究^[7-8],而有关林地转变为茶园土壤渗透性能的变化情况尚少见报道。因此,本研究以福建省丘陵地区的林地、新垦3年茶园和植茶30年茶园土壤为研究对象,分析林地转变为茶园后土壤团聚体稳定性及渗透性能的变化趋势,并探讨土壤团聚体与渗透性能之间的相关性,以期为制定茶园水土保持措施和防治土壤侵蚀提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于福建省周宁县玛坑乡绿立茶业有限公司茶叶种植基地(119°24'E, 26°59'N),海拔863 m。属中亚热带海洋性季风山地气候,年平均气温16.5℃,年平均日照时间1600 h,年降水量1920 mm,气候温和,雨量充沛,60%的降水量集中在5—8月。基地内茶园多由林地开垦而来,等高线种植,属于典型的丘陵山地茶园,土壤类型为红壤。

1.2 样地选择和土壤样品采集

为研究林地开垦后土壤团聚体和渗透性能的变化,于2016年12月上旬分别在基地内设置了3个样地:林地(优势树种为马尾松和其他灌木类)、新垦3年茶园(茶树品种为梅占)、植茶30年茶园(茶树品种为福云六号),每个样地中选择3个典型样方。根据土壤剖面性质,分0—20, 20—40 cm两个土层以多点取样法进行取样,每个样品取5个点,取样点由茶行中线1个、两边树幅滴水线各2个,混合备用。每种样地内土取6个样品(0—20, 20—40 cm各3个),每个样品装入硬质铝盒内带回实验室,以防止被挤压。同时,每个样地内用环刀(体积为100 cm³)采集0—5 cm的原状土样品,用于土壤容重和渗透性能指标。各样地土壤基础理化性质见表1。

1.3 测定方法

土壤团聚体测定采用机械湿筛法^[9],将采集回来的土壤摊在牛皮纸上风干,沿土壤自然断裂面掰成直

径约 1 cm 小块,剔除土壤中的石块以及植物残体,利用团聚体分析仪(上海德码信息技术有限公司)将土壤样品分为 5,2,1,0.5,0.25,<0.25 mm 6 个粒径。选取>0.25 mm 的水稳性团聚体含量($R_{0.25}$,%)、平均重量直径(MWD,mm)、几何平均值(GMD,mm)和分形维数(D)来定量评价土壤团聚体稳定指

标,其计算公式^[10-11]为:

$$\lg\left(\frac{M_r < R_i}{M_T}\right) = (3-D)\lg\left(\frac{R_i}{R_{\max}}\right)$$

式中: D 为分形维数; R_i 为第*i*级团聚体的平均直径(mm); $R_{\max}$ 为水稳性团聚体的最大粒径(mm); M ($r < R_i$)为粒径小于 R_i 的团聚体质量(g)。

表 1 试验地土壤基础理化性质

样地类型	土层 深度/cm	土壤有机碳/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	pH	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	孔隙度/ %	田间 持水量/%
林地	0—20	52.00	122.33	3.30	91.33	4.47	0.92	65.41	59.42
	20—40	27.40	104.02	2.03	48.67	4.57	1.12	57.59	44.31
新垦 3 年茶园	0—20	14.07	78.00	2.97	44.00	4.37	1.20	54.87	40.47
	20—40	10.13	73.67	2.63	54.09	4.37	1.22	54.11	25.07
植茶 30 年茶园	0—20	37.03	186.67	112.00	50.33	3.77	1.10	58.60	47.21
	20—40	21.47	129.00	16.00	35.00	3.97	1.12	57.72	44.19

入渗过程的测定采用环刀法^[12],选取初始渗透率(初始 1 min 内渗透水量)、平均渗透率、稳定渗透率(单位时间内的渗透量趋于稳定时的渗透速率)、前 30 min 渗透量和总渗透量作为评价土壤渗透性能的指标。土壤基础理化性质参照《土壤农业化学分析方法》^[13]。

1.4 数据处理与分析

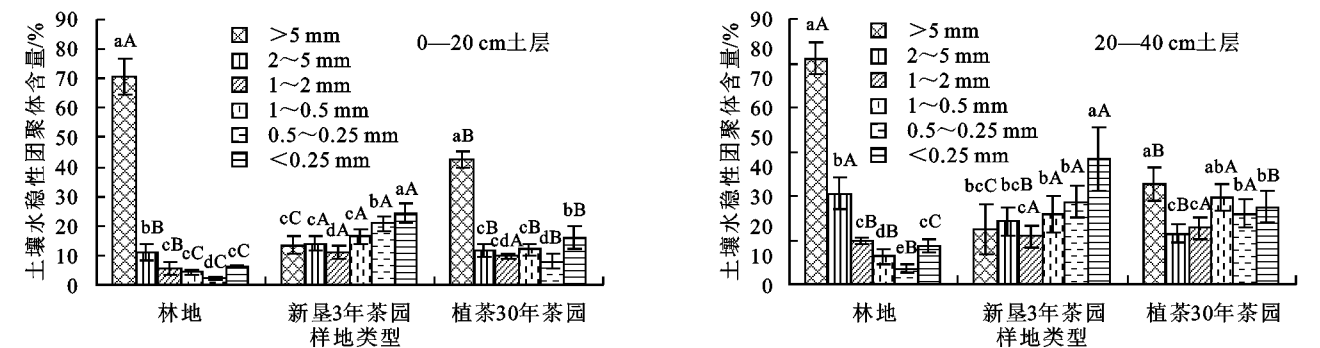
采用 Excel 2003 进行数据处理,利用 SPSS 16.0 统计软件进行方差分析(ANOVA)和相关性分析(Pearson),作图采用 Excel 2003 软件。

2 结果与分析

2.1 林地转变为茶园对土壤团聚体分布和稳定性的影响

2.1.1 土壤水稳性团聚体分布特征 通过机械湿筛法获得的团聚体是指土壤中的水稳性团聚体,水稳性团聚体能很好地反映土壤结构和养分的协调供应能力^[14]。由图1可知,不同样地间土壤水稳性团聚体

粒级分布状况存在明显差异。在 0—20 cm 土层,林地和植茶 30 年茶园土壤>5 mm 团聚体含量最高,所占比例为 70.70%和 42.67%;而其他各粒径团聚体含量分布较均匀,均显著低于>5 mm 团聚体含量($P < 0.05$)。新垦 3 年茶园土壤则以<0.25 mm 微团聚体含量最高,所占比例为 28.79%,其他粒径含量为 10.99%~20.74%。在 20—40 cm 土层,林地和植茶 30 年茶园土壤仍以>5 mm 团聚体含量最高,新垦 3 年茶园土壤以<0.25 mm 微团聚体含量最高,其他各粒径团聚体含量分布均匀。可见,林地刚开垦为茶园后,机械作业使得土壤团粒结构受到破坏,大团聚体含量明显下降,长期植茶有利于大团聚体的恢复。相比 0—20 cm 土层,林地和植茶 30 年茶园土壤>5 mm 团聚体含量均有一定程度地下降,降幅分别 27.71%和 47.12%,其他粒径团聚体含量有小幅度增加,新垦 3 年茶园土壤各粒径变化不明显。



注:不同小写字母表示同一样地类型下不同级别团聚体含量差异显著($P < 0.05$);大写字母则表示相同级别不同样地类型间团聚体含量差异显著($P < 0.05$)。

图 1 各样点土壤水稳性团聚体组成

2.1.2 土壤水稳性团聚体稳定性特征 土壤团聚体 $R_{0.25}$ 、平均重量直径(MWD)和几何平均值均(GMD)是反映土壤团聚体稳定性状况的常用指标,

其值越大表示团聚体的平均粒径团聚度越高,与土壤的稳定性状况呈明显正相关^[15];土壤分形维数(D)也可在一定程度上表征土壤团聚体稳定性,团粒结构的

分形维数越小,则土壤稳定性越好^[16]。由表 2 可知,在 0—20 cm 土层,各样地土壤团聚体 R0.25、MWD 和 GMD 均表现为林地>植茶 30 年茶园>新垦 3 年茶园;与林地相比,植茶后土壤 R0.25、MWD 和 GMD 分别显著下降了 10.59%~19.38%,30.32%~65.60%,44.04%~72.08%($P<0.05$)。各样地土

壤团聚体 D 为 2.39~2.57,新垦 3 年茶园>植茶 30 年茶园>林地,林地土壤团聚体 D 显著低于植茶土壤($P<0.05$),但植茶 30 年茶园和新垦 3 年茶园之间差异不显著($P>0.05$)。在 20—40 cm 土层内,各样地土壤团聚体稳定性指标的变化趋势与 0—20 cm 土层基本一致。

表 2 各样地土壤水稳性团聚体稳定性指标

样地类型	土层 深度/cm	土壤水稳性团聚体			
		R0.25/%	MWD/mm	GWD/mm	D
林地	0—20	93.70±0.35aA	4.05±0.19aA	3.18±0.31aA	2.39±0.06bA
	20—40	91.36±1.37aA	3.49±0.10aB	2.39±0.16aB	2.31±0.05bA
新垦 3 年茶园	0—20	75.54±3.25cA	1.39±0.36cA	0.89±0.15cB	2.57±0.04aA
	20—40	71.79±4.15cA	1.51±0.32cA	0.94±0.13cB	2.55±0.03aA
植茶 30 年茶园	0—20	83.78±3.85bA	2.82±0.07bA	1.78±0.12bA	2.50±0.03aA
	20—40	82.51±3.69bA	1.95±0.19bB	1.09±0.15bB	2.48±0.05aA

注:表中小写字母表示不同处理之间差异显著($P<0.05$);大写字母表示不同土层之间差异显著($P<0.05$)。下同。

由表 3 可知,土壤团聚体 R0.25、MWD 和 GMD 分别与>5 mm 团聚体含量呈极显著正相关关系,与 0.5~1,0.25~0.5,<0.25 mm 团聚体呈极显著负相关关系,这说明土壤 R0.25 和>5 mm 的大团聚体含量越高,MWD 和 GMD 越大,土壤结构越稳定。而土壤 D 与>5 mm 之间呈极显著负相关关系,而与 0.5~1,0.25~0.5,<0.25 mm 之间呈极显著正相关,说明茶园土壤>5 mm 的大团粒含量越低,其团聚体粒级分布的分形维数越高,土壤团聚体稳定性越差。

表 3 土壤团聚体稳定性指标与各粒径团聚体含量之间的相关性

指标	>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm
R0.25	0.86**	0.01	-0.31	-0.59**	-0.76**	-0.98**
MWD	0.99**	0.11	-0.38	-0.88**	-0.97**	-0.86**
GWD	0.99**	0.07	-0.47	-0.91**	-0.93**	-0.82**
D	-0.71**	-0.45	0.18	0.62**	0.74**	0.86**

注:*表示显著相关($P<0.05$);**表示极显著相关($P<0.01$)。下同。

2.2 林地转变为茶园对土壤渗透性能的影响

由图 2 可知,林地转变为茶园后,各样地土壤入渗过程和指标存在很大差异。入渗初期土壤入渗速率大,随着入渗时间的增加,土壤饱和度的增大,入渗

速率迅速下降,并逐渐达到稳定入渗率,但各样点达到稳渗时间有所不同。林地达到稳渗速率的时间约为 80 min,新垦 3 年茶园和植茶 30 年茶园达到稳定的时间为 60 min。

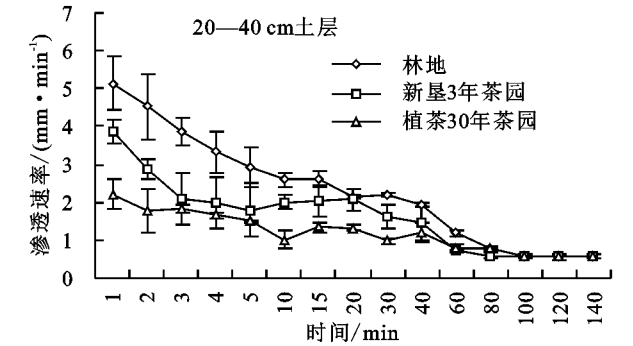
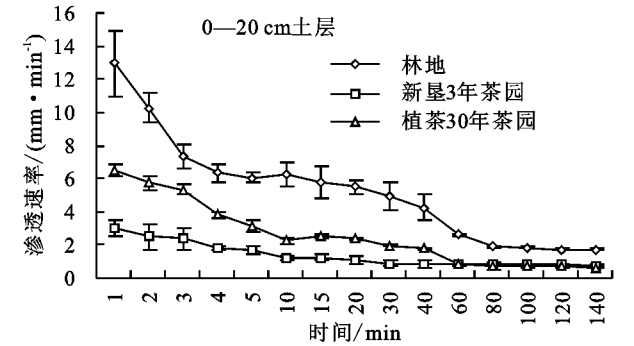


图 2 各样地土壤入渗过程

由表 4 可知,在 0—20 cm 土层,林地土壤初始渗透速率、平均渗透速率、稳定渗透速率、前 30 min 渗透量和总渗透量最高,植茶 30 年茶园土壤次之,新垦 3 年茶园土壤最低;与林地土壤相比,植茶土壤的初始渗透速率、平均渗透速率、稳定渗透速率、前 30 min 渗透

量和总渗透量分别显著下降了 49.97%~76.62%,51.04%~73.90%,51.90%~55.66%,55.61%~78.82%,59.65%~69.23%($P<0.05$),随着植茶年限增加,土壤渗透性能提高,但仍未恢复到林地土壤渗透性能水平。随着土层深度增加,各样地土壤渗透

性能指标均有所下降,其中林地和植茶 30 年茶园土壤渗透性能指标显著下降(植茶 30 年茶园土壤稳渗率除外),但新垦 3 年茶园土壤渗透性能指标下降不显著(初始渗透率除外)。

表 4 不同样地的土壤入渗特征

样地类型	土层深度/cm	初始入渗率/ (mm·min ⁻¹)	平均渗透率/ (mm·min ⁻¹)	稳渗率/ (mm·min ⁻¹)	前 30 min 渗透/mL	渗透 总量/mL
林地	0—20	12.95±1.99aA	5.30±0.46aA	1.79±0.09aA	719.60±73.07aA	1671.93±113.71aA
	20—40	5.14±0.70aB	2.32±0.19aB	0.57±0.03aB	313.52±17.15aB	680.69±26.04aB
新垦 3 年茶园	0—20	3.03±0.40cA	1.38±0.09cA	0.76±0.10bA	152.43±9.63cA	514.49±24.92cA
	20—40	2.22±0.31aB	1.19±0.26cA	0.63±0.07bA	147.69±17.69cA	439.19±55.22bA
植茶 30 年茶园	0—20	6.48±0.51cA	2.59±0.08bA	0.89±0.04bA	319.42±10.35bA	674.63±40.45bA
	20—40	3.85±0.39bB	1.65±0.19bB	0.71±0.10bA	237.69±19.23bB	537.79±28.50bB

2.3 土壤团聚体和渗透性能影响因素分析

由表 5 可知,初始入渗率、平均渗透率、前 30 min 渗透量和渗透总量与 R0.25、MWD、GWD 和>5 mm 团聚体含量呈极显著正相关,与 1~2,0.5~1,0.25~0.5,<0.25 mm 团聚体含量和分形维数(D)呈显著或极显著负相关,说明随着土壤>5 mm 团聚体含量增加,土壤团聚体结构越稳定,土壤孔隙结构越发达,土壤水分入渗能力也随之增强。土壤稳渗率与>5 mm 团聚体含量呈显著正相关,与 1~2,0.5~1,<0.25 mm 团聚体含量呈极显著负相关。

表 5 土壤渗透性能与土壤团聚体指标之间的相关性

指标	R0.25	MWD	GWD	D	>5 mm	2~5 mm	1~2 mm	0.5~1 mm	0.25~0.5 mm	<0.25 mm
初始入渗率	0.73**	0.82**	0.86**	-0.52*	0.87**	-0.25	-0.68**	-0.69**	-0.74**	-0.73**
平均渗透率	0.75**	0.84**	0.89**	-0.53*	0.89**	-0.25	-0.72**	-0.72**	-0.75**	-0.75**
稳渗率	0.47	0.55	0.61	-0.21	0.64**	-0.44	-0.68**	-0.71*	-0.42	-0.68**
前 30 min 渗透量	0.76**	0.85**	0.90**	-0.56*	0.90**	-0.24	-0.71**	-0.72**	-0.76**	-0.76**
总渗透量	0.69**	0.78**	0.85**	-0.48*	0.84**	-0.28	-0.72**	-0.69**	-0.67**	-0.69**

由表 6 可知,土壤团聚体稳定和渗透性能参数(D 除外)均与土壤有机碳、碱解氮、速效钾、孔隙度和田间持水量之间呈极显著正相关,这也进一步说明土壤团聚体稳定性指标和渗透性能之间关系密切;与土壤容重之间呈极显著负相关,与 pH 和速效磷之间相关性未达到显著性水平。

表 6 土壤渗透性能、土壤团聚体指标与土壤理化性质之间的相关性

指标	土壤有机碳	碱解氮	速效磷	速效钾	pH	土壤容重	孔隙度	田间持水量
R0.25	0.79**	0.32	0.02	0.66**	0.15	-0.68**	0.68**	0.75**
MWD	0.88**	0.46*	0.10	0.79**	0.23	-0.77**	0.77**	0.76**
GWD	0.87**	0.49*	0.12	0.77**	0.31	-0.81**	0.81**	0.76**
D	-0.55*	-0.35	0.17	-0.40	-0.34	0.46*	-0.46*	-0.47*
初始入渗率	0.92**	0.58**	0.08	0.82**	0.10	-0.92**	0.92**	0.84**
平均渗透率	0.93**	0.57*	0.04	0.82**	0.15	-0.91**	0.91**	0.83**
稳渗率	0.75**	0.57*	-0.12	0.66**	0.16	-0.77**	0.76**	0.67**
前 30 min 渗透量	0.92**	0.57*	-0.01	0.82**	0.16	-0.91**	0.91**	0.82**
总渗透量	0.86**	0.59**	-0.11	0.75**	0.23	-0.88**	0.88**	0.77**

由上述分析可知,林地土壤结构比茶园要好,其原因可能是林地中的植物根系庞大,根系在土壤中的穿插和扎深,有效促进了土壤团粒结构的形成,同时丰富的根系结构意味着大量分泌物的生成,而这些分泌物也对土壤团聚体的形成有一定促进作用^[17],从而其土壤渗透性能较好;再者,林地开垦为茶园后,建园过程中均需使用机械进行挖沟和梯壁建设,整地措施使得土壤结构受到严重破坏,表现为土壤孔隙度和田间持水量下降(表 1);茶园日常耕作过程中踩踏易造成土壤板结,导致茶园土壤容重显著增加,土壤紧实黏重,导致土壤渗透能力明显降低,这与已有研究^[5,18]结果基本一致;同时,茶园建园初期园面覆盖度低,极易遭受暴雨直接冲刷,导致土体表面开裂和有机质流失严重,进一步破坏了土壤物理性状,土壤团聚体稳定性参数和渗透性能指标显著降低。随着植茶年限的增加,受施肥、耕作及茶树根系分泌物的影响^[19],植茶 30 年茶园土壤容重下降,土壤总孔隙度和田间持水量均有所增加(表 1),土壤物理性状逐渐恢复;成龄茶园封行

后,大量的凋落物(修剪枝条和老叶)归还于土壤中分解转化,可及时补充土壤有机质的消耗,使得土壤大团聚体含量明显增加,土壤团聚体结构稳定性也随之增加,因此土壤渗透性能也得到增强。

3 结论

(1)林地和植茶 30 年茶园土壤水稳性团聚体以 >5 mm 粒径为主,新垦 3 年茶园以 <0.25 mm 的微团聚体含量为主;林地转变为茶园土壤后,土壤 >5 mm 大团聚体含量、 >0.25 mm 的水稳性团聚体含量($R_{0.25}$)、平均重量直径(MWD)和几何平均值(GMD)明显降低,分形维数(D)则增加,说明植茶降低了土壤团聚体稳定性能;随着植茶年限的增加,土壤大团聚体含量明显增加,从而有利于改善土壤团聚体结构,但仍未达到林地土壤团聚体稳定性能指标。

(2)各样地土壤初始渗透速率、平均渗透速率、稳定渗透速率、前 30 min 渗透量和总渗透量均表现为林地 $>$ 植茶 30 年茶园 $>$ 新垦 3 年茶园,说明植茶降低土壤渗透性能,但随着植茶年限增加,土壤渗透性能逐渐恢复,但仍未达到林地土壤渗透性能水平。

(3)各样地土壤初始入渗率、平均渗透率、前 30 min 渗透量和渗透总量与 $R_{0.25}$ 、MWD、GWD 和 >5 mm 团聚体含量呈极显著正相关,与 $1\sim 2$, $0.5\sim 1$, $0.25\sim 0.5$, <0.25 mm 团聚体含量和分形维数(D)呈显著或极显著负相关,说明随着土壤 >5 mm 团聚体含量增加,土壤团聚体结构越稳定,土壤孔隙结构越发达,土壤渗透性能也随之增强。

(4)各样地土壤团聚体稳定和渗透性能参数(分形维数除外)均与土壤有机碳、碱解氮、速效钾、孔隙度和田间持水量之间呈极显著正相关,与土壤容重之间呈极显著负相关,与 pH 和速效磷之间相关性不显著,说明了林地开垦为茶园后,土壤有机碳含量和孔隙度显著降低是导致土壤团聚体和渗透性能指标下降的主要因素。

参考文献:

- [1] 薛冬,姚槐应,黄昌勇. 植茶年龄对茶园土壤微生物特性及酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(2):84-87.
- [2] 赵杏,钟一铭,杨京平,等. 不同植茶年限土壤碳氮养分及胞外酶对干旱胁迫的响应[J]. 生态学报,2017,37(2):387-394.
- [3] 刘宗岸,杨京平,杨正超,等. 茗溪流域茶园不同种植模式下地表径流氮磷流失特征[J]. 水土保持学报,2012,26(2):29-32.

- [4] 陈小英,查轩,陈世发. 山地茶园水土流失及生态调控措施研究[J]. 水土保持研究,2009,16(1):51-54.
- [5] 陈玉真,王峰,尤志明,等. 不同植茶年限茶园土壤的物理性状及渗透性能[J]. 山地学报,2016,34(1):38-45.
- [6] 刘道平,陈三雄,张金池,等. 浙江安吉主要林地类型土壤渗透性[J]. 应用生态学报,2007,18(3):493-498.
- [7] 李玮,郑子成,李廷轩,等. 不同植茶年限土壤团聚体及其有机碳分布特征[J]. 生态学报,2014,34(21):6326-6336.
- [8] Yin J, Zheng Z, Li T, et al. Effect of tea plantation age on the distribution of fluoride and its fractions within soil aggregates in the hilly region of Western Sichuan, China [J]. Journal of Soils Sediments, 2016, 16(8): 2128-2137.
- [9] Elliott E T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils [J]. Soil Science Society of America Journal, 1986, 50(3): 627-633.
- [10] 邱莉萍,张兴昌,张晋爱. 黄土高原长期培肥土壤团聚体中养分和酶的分布[J]. 生态学报,2006,26(2):364-372.
- [11] 杨培岭,罗远培,石元春. 用粒径的重量分布表征的土壤分形特征[J]. 科学通报,1993,38(20):1896-1899.
- [12] 徐小军,何丙辉,胡恒,等. 新生水土流失对汶川震区土壤水分入渗的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(12):2520-2529.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,1999:42-50.
- [14] 刘文利,吴景贵,傅民杰,等. 种植年限对果园土壤团聚体分布与稳定性的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(1):129-135.
- [15] 石宗琳,王加旭,梁化学,等. 渭北不同园龄苹果园土壤团聚体状况及演变趋势研究[J]. 土壤学报,2017,54(2):387-399.
- [16] 刘爱霞,高照良,李永红,等. 关中平原高速公路边坡不同植被恢复年限土壤团聚体分形特征研究[J]. 水土保持学报,2011,25(1):219-223.
- [17] Hudek C, Stanchi S, D'amico M, et al. Quantifying the contribution of the root system of alpine vegetation in the soil aggregate stability of moraine [J]. International Soil Water Conservation Research, 2017, 5(1): 36-42.
- [18] 林绍霞,张清海,张珍明,等. 不同垦植模式茶园土壤性状及团聚体特征研究[J]. 水土保持研究,2012,19(6):45-49.
- [19] Yao H, He Z, Wilson M J, et al. Microbial biomass and community structure in a sequence of soils with increasing fertility and changing land use [J]. Microbial Ecology, 2000, 40(3): 223-237.