

不同植被类型紫色土腐殖质的剖面分布特征

张健瑜, 李灿, 曾和平, 胡梦凌, 董达诚

(昆明理工大学 环境科学与工程学院, 云南 昆明 650500)

摘要: [目的] 研究龙川江流域 6 种不同植被类型对紫色土腐殖质(胡敏酸、富里酸、胡敏素)和土壤养分(总磷、速效磷、总氮、碱解氮)剖面分布特征的影响,为该地区保持土壤肥力提供科学依据。[方法] 采用锯齿形布点法,采集紫色土表层至 30 cm 深度的 3 个土层紫色土样品,用 3 次 4 分法分离多余样品,并测定相应指标。[结果] 总磷、速效磷、总氮、碱解氮的含量和腐殖质、胡敏素、胡敏酸、富里酸碳量随土壤深度的增加而减小,枯枝落叶层显著高于其他层(地下 0—10, 10—20, 20—30 cm),不同植被类型土壤无显著差异。果园土壤腐殖质及其组成显著高于桉树林覆盖土壤,表现为果园>落叶阔叶林>暖温性针叶林>针阔混交林>灌丛>桉树林。土壤腐殖质各组分之间均存在极显著正相关关系,腐殖质组成与土壤有机质、总磷、速效磷、总氮、碱解氮均存在显著正相关关系。[结论] 果园和落叶阔叶林下土壤腐殖质及其组分显著高于其他植被类型土壤,腐殖质组分含量与土壤理化性质之间呈极显著正相关。

关键词: 紫色土; 植被类型; 土壤腐殖质; 土壤养分; 剖面分布

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)05-0085-07

中图分类号: S157.1, S153.6⁺22

文献参数: 张健瑜, 李灿, 曾和平, 等. 不同植被类型紫色土腐殖质的剖面分布特征[J]. 水土保持通报, 2019, 39(5): 85-91. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.05.012; Zhang Jianyu, Li Can, Zeng Heping, et al. Distribution characteristics of humus in purple soil profile under different vegetation types[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(5): 85-91.

Distribution Characteristics of Humus in Purple Soil Profile Under Different Vegetation Types

Zhang Jianyu, Li Can, Zeng Heping, Hu Mengling, Dong Dacheng

(College of Environmental Science and Engineering,

Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650500, China)

Abstract: [Objective] The profile distribution of purple soil humus: humic acid (HA), fulvic acid (FA), and humin (HM), and soil nutrients: total phosphorus (TP), available phosphorus (AP), total nitrogen (TN), and available nitrogen (AN), under six different vegetation types in Longchuanjiang River basin were studied to provide a scientific basis for the maintenance of soil fertility. [Methods] Soil samples were collected from different soil horizons (0—10, 10—20, and 20—30 cm) at each sampling point using the zigzag method. Then, soil samples of each layer were evenly mixed and the removal of redundant samples was performed by quartering three times and the corresponding indicators were determined. [Results] The content of TP, AP, TN, AN, humus carbon, HM carbon, HA carbon, and FA carbon decreased with soil depth under the six vegetation types. The litter layer content was significantly higher than that of the other layers (0—10, 10—20, and 20—30 cm). There was no significant difference in soils among the different vegetation types. The humus and its composition in the orchard soil were significantly higher than that in the *Eucalyptus* forest, which was characterized by orchard > deciduous broad-leaved forest > warm temperate coniferous forest > coniferous and broad-leaved mixed forest > shrub > *Eucalyptus* forest. Correlation analysis showed that the humus components had very significant positive correlations with soil organic matter, TP, AP, TN, and AN.

收稿日期: 2019-03-06

修回日期: 2019-04-25

资助项目: 国家自然科学基金项目“腐殖酸在水土流失固液界面的迁移行为研究: 以云南楚雄龙川江流域为例”(41461061)

第一作者: 张健瑜(1993—), 女(汉族), 云南省个旧市人, 硕士研究生, 主要研究方向为水土保持。E-mail: 1031695728@qq.com。

通讯作者: 曾和平(1974—), 男(土家族), 湖北省恩施州人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事高原山地景观与水土保持研究。E-mail: dabatou@126.com。

[Conclusion] Soil humus and its components in orchards and deciduous broad-leaved forests are significantly higher than those in other vegetation types, and there is a significant positive correlation between humus and soil physical and chemical properties.

Keywords: purple soil; vegetation type; soil humus; soil nutrients; profile distribution

龙川江是长江上游金沙江的一级支流,位于云南省西部楚雄州中北部。流域基岩为三叠纪页岩、砂岩、少量花岗岩、石灰岩和第四纪沉积物。该地区主要以紫色土为主,土地利用破碎化较为严重,不但影响着农业生产,而且关系到整个龙川江流域生态环境建设^[1]。在全球生态环境中,土壤所构成的土壤圈是最活跃最富生命力的圈层之一^[2],土壤是在频繁的风化作用和侵蚀作用下形成的,其过程特点是:物理风化强烈、化学风化微弱、石灰开始淋溶^[3-4]。土壤有机质是评价土壤肥力的重要指标,土壤腐殖质是土壤有机质的主要组成,是土壤肥力的物质基础^[5],在促进土壤结构的形成^[6]、调控养分供应^[7]、保持土壤温度和水分等方面有着至关重要的作用^[8-9]。一般来说,土壤腐殖质(humus, HS)由胡敏酸(humic acid, HA)、富里酸(fulvic acid, FA)和胡敏素(humin, HM)等组分组成,其含量和组成可以反映一定的成土条件和过程,也可以用来区别和分辨土壤类型,是评价土壤肥力的重要指标^[10-11]。所以研究不同类型土壤腐殖质是人们近年来研究的热点。

但是近年来,关于土壤腐殖质的研究主要集中在黄土高原地区以及黄土高原以北的地区^[12-13],对于西南地区的不同植被下土壤腐殖质研究甚少。因此,加强西南地区龙川江流域不同植被类型下土壤腐殖质剖面特征的研究,对揭示龙川江流域植被类型对土壤腐殖质组分的影响特征有着至关重要的作用。

本文以紫色土为研究对象,选择果园、暖温性针叶林、灌丛、针阔混交林、落叶阔叶林和桉树林 6 种龙川江流域典型植被类型,研究不同植被类型下不同土层中土壤腐殖质组成和土壤养分分布特征,并探讨土壤腐殖质组成与土壤养分之间的关系,以土壤腐殖质分布特征为探究基础,对如何减少实验区紫色土土壤腐

殖质流失,改善龙川江流域紫色土肥力提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

龙川江流域位于北纬 24°45′—26°15′,东经 100°56′—102°02′之间约 9 255 km² 的区域内。龙川江流域位于低纬度亚热带季风区,受季风影响明显,冬夏季短,春秋季节长;日温差大,年温差小;冬无严寒,夏无酷暑;干湿分明,雨热同季;日照充足,霜期较短;蒸发旺盛,降水较云南大部偏少;冬春少雨,初夏早突出。因地形和海拔的差异,有明显的立体气候和区域小气候特征,呈“一山分四季,十里不同天”的特点。2017 年全州平均年降水量 844 mm,年平均气温 16.5 ℃,年日照时数 2 450 h。

1.2 样点的布设与采集

在野外实地调查基础上,于 2017 年 6 月采自龙川江流域楚雄彝族自治州牟定县飒马场村紫色土,植被覆盖类型分别是果园、暖温性针叶林、桉树林、灌丛、针阔混交林、落叶阔叶林。每一种植被类型区域采用锯齿形布点法,布设 10 个采样点,每个样点用原状取土器分层采集紫色土,每层 10 cm,分别为 0—10,10—20,20—30 cm 的紫色土样品各 1 kg。然后将紫色土每一层 10 个样点在原地混均匀,用 3 次 4 分法分离出多余样品,获得每一种植被类型区域 3 份不同深度的紫色土样品各 1 kg,6 种植被类型区域共获得 18 份紫色土样品。其中,暖温性针叶林、灌丛、针阔混交林和落叶阔叶林由于有较厚的枯枝落叶层,所以另取枯枝落叶层(以下图表中显示为 0 cm 层)进行了研究。紫色土样品经风干,磨碎,过 100 目筛后,用自封袋密封保存。该地区紫色土偏酸性,平均值为 5.16±0.57,具体采样信息见表 1。

表 1 采样点主要信息

样点编码	植被类型	主要物种
1	暖温性针叶林	云南松(<i>Pinus yunnanensis</i>), 云南油杉(<i>Keteleeria evelyniana</i>)
2	灌丛	厚皮香(<i>Ternstroemia gymnanthera</i>), 云南油杉
3	针阔混交林	云南松、云南油杉、滇青冈(<i>Cyclobalanopsis glaucoides</i>)
4	落叶阔叶林	槲栎(<i>Quercus aliena</i>)
5	桉树林	蓝桉(<i>Eucalyptus globulus</i>)
6	果园	滇梨(<i>Pyrus pseudopashia</i>)

1.3 分析项目及测定方法

①土壤中总磷(TP)用 $\text{HClO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4$ 煮法测定;②全氮(TN)用半微量开氏法测定;③速效磷(AP)用氟化铵—盐酸法测定;④碱解氮(AN)用碱解扩散法测定;⑤土壤有机质(OM)用重铬酸钾氧化—外加热法测定;⑥腐殖质(HM)待测溶液的制备:焦磷酸钠浸提法浸提;⑦胡敏酸(HA)和富里酸(FA)的分离:加 H_2SO_4 溶液分离得到胡敏酸沉淀,并用热 NaOH 溶液洗涤胡敏酸沉淀后得到胡敏酸待测液;⑧腐殖质各组分含碳量测定:测定同土壤有机质测定(重铬酸钾氧化—外加热法),上述测定方法参考鲍士旦主编的土壤农化分析^[14]。

1.4 数据处理

试验数据采用 Origin 8.0 拟合作图,用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析;数据处理分析采用 One-way ANOVA 进行方差分析,并用 Tukey 多重比较进行差异显著性分析,显著性水平 $p < 0.05$;采用 Pearson 检验法进行相关性分析,分析相关变量的相关性。

2 结果与分析

2.1 不同植被类型下土壤养分分布特征

不同植被类型土壤基本理化性质详见表 2。在不同植被类型下,总磷(TP)含量随土壤深度呈现下降趋势,但变化不显著。枯枝落叶层不同植被类型土壤 TP 无显著差异,在 0—10, 10—20, 20—30 cm 土层深度中,所有植被类型土壤中,果园土壤 TP 含量最高,且显著高于其他类型土壤。

在任何植被类型下,枯枝落叶层速效磷(AP)显著高于其他土层 AP 含量,并且土壤深度越大,AP 含量越小,但是,土壤深度对 AP 含量影响不显著。枯枝落叶层不同植被类型土壤 AP 无显著差异,0—10, 10—20 cm 土层果园土壤 AP 显著高于其他类型土壤;20—30 cm 土层 AP 在不同植被类型下有差异,但是除果园土壤外差异不显著,果园显著高于桉树林、灌丛和暖温性针叶林;除了果园和落叶阔叶林之外,其他植被类型 AP 含量偏低(酸性土壤 AP 的标准是:0~15 g/kg 为低;16~30 g/kg 为中;>30 g/kg 为高)。

表 2 龙川江流域土壤的基本理化性质^[15]

植被类型	土壤深度/cm	总磷/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	总氮/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
暖温性针叶林	0	0.30±0.032 ^{aA}	12.87±0.99 ^{aA}	2.59±0.20 ^{aA}	1 240.30±231.54 ^{aAB}	34.93±4.39 ^{aA}
	0—10	0.29±0.062 ^{aB}	3.85±0.28 ^{bB}	1.74±0.63 ^{bB}	722.61±56.95 ^{bBC}	21.16±4.95 ^{bA}
	10—20	0.28±0.061 ^{aB}	4.22±0.32 ^{bB}	0.88±0.26 ^{cB}	380.94±51.67 ^{cB}	8.76±1.89 ^{cB}
	20—30	0.26±0.031 ^{aB}	0.59±0.19 ^{cB}	0.87±0.04 ^{cB}	156.26±19.27 ^{cB}	4.47±2.38 ^{cB}
灌丛	0	0.30±0.045 ^{aA}	16.83±2.04 ^{aA}	1.96±0.67 ^{aA}	965.19±590.46 ^{aB}	32.23±6.33 ^{aA}
	0—10	0.29±0.020 ^{aB}	5.14±0.52 ^{bB}	1.46±0.16 ^{aB}	541.59±123.48 ^{aC}	13.17±0.39 ^{abA}
	10—20	0.25±0.009 ^{aB}	3.22±0.26 ^{bB}	1.09±0.00 ^{aB}	342.07±10.95 ^{aB}	11.42±3.52 ^{abB}
	20—30	0.28±0.019 ^{aB}	2.00±0.13 ^{bBC}	0.71±0.29 ^{aB}	152.12±61.35 ^{bB}	6.88±1.53 ^{bB}
针阔混交林	0	0.29±0.025 ^{aA}	11.98±1.64 ^{aA}	2.31±0.28 ^{aA}	1 647.59±331.94 ^{aAB}	33.88±1.64 ^{aA}
	0—10	0.27±0.038 ^{aB}	6.89±0.41 ^{bB}	0.86±0.14 ^{bB}	844.63±106.65 ^{bAB}	13.61±3.24 ^{bA}
	10—20	0.22±0.029 ^{aB}	5.55±0.42 ^{bB}	0.63±0.35 ^{bB}	207.58±40.29 ^{cB}	6.39±0.30 ^{cB}
	20—30	0.23±0.050 ^{aB}	2.36±0.36 ^{cABC}	0.39±0.16 ^{bB}	171.72±28.92 ^{cB}	5.25±0.96 ^{cB}
落叶阔叶林	0	0.39±0.032 ^{aA}	23.10±3.27 ^{aA}	4.09±0.36 ^{aA}	2184.04±57.75 ^{aA}	36.10±1.08 ^{aA}
	0—10	0.30±0.039 ^{aB}	13.85±1.05 ^{bB}	1.65±0.35 ^{bB}	619.17±66.34 ^{bBC}	16.89±9.77 ^{bA}
	10—20	0.27±0.038 ^{aB}	9.28±0.51 ^{bB}	0.99±0.14 ^{bB}	412.37±9.59 ^{cB}	9.43±2.71 ^{bB}
	20—30	0.28±0.009 ^{aB}	9.07±0.82 ^{bAB}	1.23±0.32 ^{bB}	313.03±49.08 ^{cAB}	8.89±2.05 ^{bAB}
桉树林	0—10	0.28±0.028 ^{aB}	9.99±0.24 ^{aB}	0.81±0.20 ^{aB}	261.12±42.43 ^{aD}	8.11±2.04 ^{aA}
	10—20	0.27±0.030 ^{aB}	3.80±0.24 ^{bAB}	0.92±0.34 ^{aB}	180.88±85.86 ^{aB}	6.19±2.50 ^{aB}
	20—30	0.26±0.035 ^{aB}	2.88±0.08 ^{bBC}	0.83±0.18 ^{aB}	148.79±49.32 ^{aB}	6.90±3.95 ^{aB}
果园	0—10	0.80±0.220 ^{aA}	39.29±4.33 ^{aA}	3.31±0.16 ^{aA}	1 067.47±143.27 ^{aA}	22.02±4.99 ^{aA}
	10—20	0.65±0.031 ^{aA}	18.1±0.98 ^{bA}	2.58±0.70 ^{aA}	841.23±272.36 ^{aA}	18.39±4.08 ^{aA}
	20—30	0.54±0.062 ^{aA}	11.04±1.01 ^{bA}	2.25±0.56 ^{aA}	577.84±236.54 ^{aA}	14.03±1.29 ^{aA}

注:同列数据后小写字母表示同一植被类型下土壤在不同土壤深度在 $p < 0.05$ 水平下显著差异;同列数据后大写字母表示不同植被类型下土壤在相同土壤深度在 $p < 0.05$ 水平下显著差异。

总氮(TN)含量在各个植被类型土壤中,枯枝阔叶层显著高于其他土层,且随土壤深度增加而减小,无显著差异。在枯枝落叶层各植被类型土壤 TN 含量无显著差异;在 0—10,10—20,20—30 cm 土层中,不同植被土壤 TN 含量变化与土壤 TP 分布于规律相同,果园土壤 TN 显著高于其他。

6 种植被类型下,土壤碱解氮(AN)在枯枝落叶层的含量显著高于其它层的 AN,并且随着土壤深度的增加而出现减小趋势,但不存在显著差异。0—10 cm 土层土壤 AN 在果园、灌丛、桉树林覆盖下有显著差异,且果园土壤 AN 含量显著高于暖温性针叶林、灌丛、落叶阔叶林和桉树林,10—20,20—30 cm 土层果园 AN 含量显著高于其他类型土壤 AN 含量。

枯枝落叶层有机质(OM)的含量显著高于 0—30 cm 层的含量,并且随着土壤深度的增加而出现减小趋势,暖温性针叶林、灌丛、针阔混交林 0—10 cm 的有机质含量显著高于 20—30 cm 土层有机质含量。0—10

cm 土层下,6 种植被类型土壤 0—10 cm 土层有机质含量无显著差异,10—20,20—30 cm 土层中果园土壤有机质含量显著高于暖温性针叶林、灌丛、针阔混交林、落叶阔叶林和桉树林覆盖土壤有机质含量。

2.2 不同植被类型下土壤腐殖质组成差异

不同植被类型下紫色土腐殖质组分含量分布如图 1 所示。枯枝落叶层腐殖质的碳量高于其他土层腐殖质的碳量,但是不同植被类型土壤腐殖质碳量无显著差异,说明在枯枝落叶层的腐殖质碳量跟土壤的植被类型无关。

0—10 cm 桉树林腐殖质碳量显著低于暖温性针叶林、落叶阔叶林和果园的覆盖下的腐殖质碳量;10—20 cm 土层果园的腐殖质碳量显著高于暖温性针叶林、针阔混交林和桉树林的腐殖质碳量;20—30 cm 土层果园腐殖质碳量最高,为 14.03 ± 0.89 g/kg,且显著高于暖温性针叶林、针阔混交林、桉树林和灌丛的腐殖质碳量。

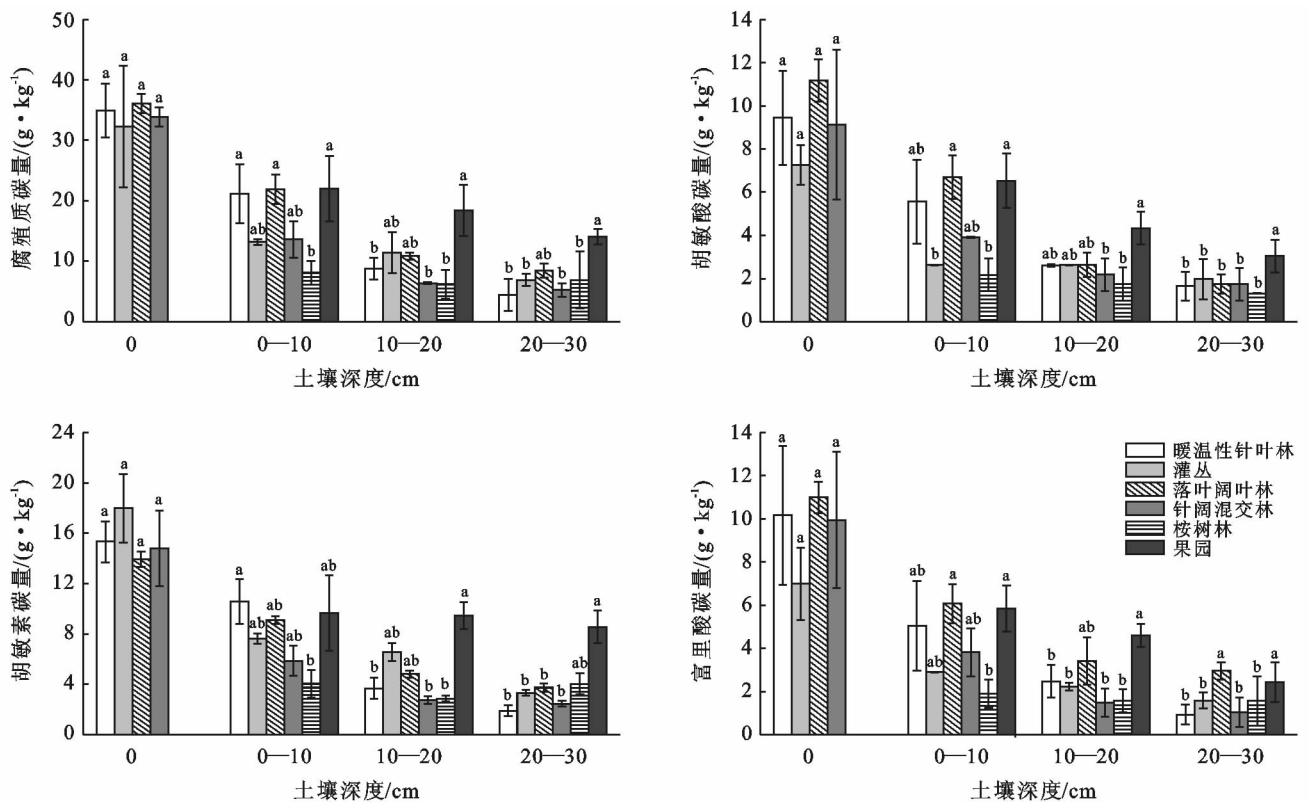


图 1 不同植被类型下土壤腐殖质组成特征

枯枝落叶层胡敏素、胡敏酸、富里酸的分布情况与腐殖质类似,不同植被类型覆盖下胡敏素、胡敏酸、富里酸碳量无显著差异。对胡敏酸而言,0—10 cm 落叶阔叶林和果园土壤胡敏酸碳量分别为 6.69 ± 1.01 , 6.53 ± 1.26 g/kg 显著高于灌丛、桉树林覆盖土壤胡敏酸

碳量;果园 10—20 cm 土层胡敏酸碳量显著高于针阔混交林和桉树林覆盖土壤胡敏酸碳量;20—30 cm 土层果园胡敏酸碳量显著高于其他植被类型土壤,为 3.04 ± 0.76 g/kg。

相对于胡敏素而言,0—10 cm 暖温性针叶林的

碳量最高,为 10.58 ± 1.78 g/kg,但不同植被覆盖下胡敏素碳量无显著差异;10—20,20—30 cm 土层果园土壤胡敏素碳量最高,分别为 9.47 ± 1.08 , 8.56 ± 1.29 g/kg;果园土壤胡敏素碳量在 20—30 cm 土层显著高于暖温性针叶林、灌丛、落叶阔叶林、针阔混交林覆盖下土壤胡敏素碳量。

0—10 cm 落叶阔叶林和果园的土壤富里酸碳量高于其他植被覆盖下土壤富里酸碳量,分别为 6.08 ± 0.90 , 5.84 ± 1.07 g/kg;10—20 cm 土层果园土壤富里酸碳量为 4.59 ± 0.54 g/kg,显著高于暖温性针叶林、灌丛、针阔混交林、桉树林覆盖下土壤富里酸碳量;20—30 cm

土层落叶阔叶林和果园土壤富里酸碳量显著高于其他植被类型土壤,分别为 2.96 ± 0.39 , 2.43 ± 0.92 g/kg。

2.3 土壤腐殖质各组分与土壤理化性质之间的关系

土壤中腐殖质各组分与土壤理化性质进行相关分析,结果(见表 3)表明,腐殖质及各组分与土壤速效磷、总氮、碱解氮均存在极显著正相关;总磷只与胡敏酸和腐殖质存在极显著正相关,与富里酸和胡敏素存在显著正相关。说明腐殖质各组分与土壤养分之间存在着密切联系。而土壤中腐殖质各组分之间的相关性分析表明,胡敏酸、富里酸和胡敏素两两之间均存在极显著正相关。

表 3 土壤腐殖质与土壤理化性质的相关性及其土壤腐殖质组分之间的相关性

项目	总磷	速效磷	总氮	碱解氮	腐殖质	胡敏酸	富里酸	胡敏素
腐殖质	0.306**	0.492**	0.768**	0.891**	1	0.930**	0.937**	0.921**
胡敏酸	0.315**	0.514**	0.735**	0.890**	0.93**	1	0.961**	0.725**
富里酸	0.299*	0.490**	0.746**	0.901**	0.937**	0.961**	1	0.738**
胡敏素	0.257*	0.403**	0.679**	0.744**	0.921**	0.725**	0.738**	1

注: * 表示差异达显著水平($p < 0.05$), ** 表示差异达极显著水平($p < 0.01$)。

3 讨论

3.1 不同类型植被覆盖对土壤养分含量的影响

由同一土层深度,不同植被类型下土壤总磷(TP)和速效磷(AP)的结果分析表明,除果园外,其他植被类型下的土壤 TP 和 AP 无显著性差异,土壤中磷的含量跟植被类型无关,但随着土壤深度增加而减小,与崔宏^[16]研究结果类似。磷在土壤中的含量与土壤质地、土壤酸碱性、土壤中元素有关。由于磷在土壤中常与其他元素相结合存在,如磷酸盐吸附在黏土颗粒、有机泥炭以及铁铝的氢氧化物和氧化物的表面,形成复合物,而在酸性土壤中由于有大量的活性 Al^{3+} , Fe^{3+} 离子,会和土壤中的磷形成磷酸铝铁沉淀,AP 含量偏低^[15]。土壤磷素有效率在相同土层不同植被群落差异不显著,但总体有着随着土壤剖面深度增加而降低的趋势^[17]。当地果园处于耕作期,施用有机肥导致土壤中有机质的含量增加,该地区果园的 TP 和 AP 含量显著高于其他植被类型下的 TP 和 AP 含量可能与人为管理有关。

不同植被类型下土壤总氮(TN)和碱解氮(AN)的结果研究发现,除果园外,不同植被类型土壤总氮无差异,碱解氮在 0—10 cm 土层中不同植被类型土壤有差异但是不显著。氮在土壤剖面中的累积受诸多因素的影响,如:土壤性质(土壤质地、土体构型、土壤 pH 值、有机质、游离 Al^{3+} , 游离 Fe^{3+} 含量、土壤中氮等)、气候因子(降水量、降水强度等)、水文地理因

子(坡度、地下水位等)和农业管理因子(种植结构差异、氮磷施肥时间和方法、灌溉和耕作制度)的影响^[18],在该地区果园的 TN 和 AN 含量显著高于其他植被类型下的 TN 和 AN 含量可能与农业管理因子有关。

不同植被类型下土壤有机质的研究结果可知,土壤有机质与植被类型无关,与土层深度有关。土壤有机质随土壤深度的增加而减小,这与张涛等^[19]研究土壤表层有机质质量分数的分布规律基本类似。土壤表层会有很多枯枝落叶及其他动植物的残体,它们都以有机质的形式进入到土壤中,这是枯枝落叶层有机质含量较高的原因。由于深层土壤的有机物质减少和生物群活动能力降低可能是导致深层土壤养分减少的潜在因素^[20],因此各植被类型下有机质含量均随土层深度增加而降低。

3.2 不同植被类型对土壤腐殖质及其组分的影响

枯枝落叶层的腐殖质各组分碳量均高于 0—10, 10—20, 20—30 cm 层,并且在不同植被类型下无显著差异^[15]。这是由于枯枝落叶层中大量的枯枝落叶及其它植物残体均以有机质的形式进入土壤,而且有机质在低温、潮湿的条件下腐殖化,腐殖质大量积累^[21];凋落物和根系主要分布于土壤表层,有机质和根系分泌物较多,土壤团粒结构较好,参与土壤腐殖质形成的微生物活性较高,有利于土壤表层腐殖质的积累^[22]。

0—10, 10—20, 20—30 cm 土层不同植被类型下土壤腐殖质研究结果表明,果园的腐殖质及各组分碳

量高于暖温性针叶林、桉树林、灌丛、针阔混交林、落叶阔叶林的碳量,且显著高于桉树林土壤腐殖质碳量,这可能与人为管理或农业措施有关,说明人为活动(施肥、浇水、翻耕等)对腐殖质各组分的影响很大^[15]。不同植被类型下土壤腐殖质组分研究结果与马云飞等^[23]和马世五等^[24]研究结果基本类似。除果园外落叶阔叶林覆盖土壤腐殖质及其组分碳量高于其他植被类型土壤,这是由于落叶阔叶林植被茂密,郁闭度高,更加有利于有机质的积累。除果园外,灌丛在 0—20 cm 土层腐殖质及其组分碳量较高,且随土壤深度变化不显著,说明灌丛根系主要集中于 0—20 cm 土层,能够固持表层土的腐殖质,对防止表层土腐殖质流失有明显作用。不同植被覆盖土壤富里酸碳量的分布与腐殖质其它组分有所差异,暖温性针叶林、落叶阔叶林覆盖土壤的腐殖质、胡敏酸、胡敏素碳量随土壤深度的增加变化较快,富里酸碳量随土壤深度增加变化较慢,在 20—30 cm 土层,落叶阔叶林覆盖土壤的富里酸碳量显著高于除果园外其他植被类型土壤,由于富里酸具有较强的迁移力和移动性,不同土层的富里酸变化不显著。

3.3 腐殖质及组分与土壤理化性质之间的关系

土壤腐殖质与土壤理化性质之间的相关性分析研究结果表明,土壤胡敏酸、胡敏素、富里酸两两之间存在极显著正相关,说明土壤腐殖质组分之间存在着紧密的内在联系。同时土壤腐殖质与土壤氮、磷之间关系密切,相关性分析与张健等^[25]研究的结果类似。Navarrete 等^[26]研究发现,菲律宾莱特典型不同土地利用覆盖下土壤富里酸和 HA/FA 与碱解氮呈极显著正相关,是由于腐殖质、碱解氮形成都与土壤微生物相关,它们之间有着紧密相关的联系^[26];对黄土高原丘陵区退耕地土壤腐殖质的研究结果也表明^[27],土壤腐殖质组分与土壤有机碳、全氮存在极显著正相关。

4 结论

(1) 果园土壤总磷、速效磷、总氮、碱解氮、有机质显著高于暖温性针叶林、灌丛、落叶阔叶林、针阔混交林、桉树林覆盖土壤;除果园外,不同植被类型土壤总磷、速效磷、总氮、碱解氮、有机质不存在显著差异。相同植被类型土壤中枯枝落叶层土壤总磷、速效磷、总氮、碱解氮、有机质显著高于其它层;总磷、速效磷、总氮、碱解氮、有机质随土壤深度的增加而减小,无显著差异。

(2) 腐殖质、胡敏酸、富里酸和胡敏素碳量在枯枝落叶层显著高于其他土层,不同植被类型土壤无显

著差异,腐殖质及其组分碳量并随着土壤深度的增加而减小;除枯枝落叶层外,不同植被类型土壤腐殖质组成存在显著差异,果园>落叶阔叶林>暖温性针叶林>针阔混交林>灌丛>桉树林,且果园腐殖质、胡敏酸、富里酸和胡敏素碳量显著高于桉树林覆盖土壤。

(3) 土壤腐殖质及其组分含量与土壤理化性质密切相关。本研究中,土壤腐殖质各组分之间均存在极显著正相关,说明土壤腐殖质各组分之间关系密切。同时,腐殖质组分与土壤总磷、速效磷、总氮、碱解氮、有机质均存在显著正相关,表明在土壤理化性质含量增长的情况下,腐殖质及其各组分碳量显著增长。

[参 考 文 献]

- [1] 周跃,丁文荣,曾和平,等. 云南纵向岭谷区土地利用对土壤侵蚀的影响:以黑惠江、龙川江、盘龙河流域为例[J]. 昆明理工大学学报:自然科学版,2009,34(4):68-72.
- [2] Vanlauwe B, Giller K. Popular myths around soil fertility management in sub-Saharan Africa[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2006,116(1/2):34-46.
- [3] 徐泰平,朱波,汪涛,等. 不同降雨侵蚀力条件下紫色土坡耕地的养分流失[J]. 水土保持研究,2006,13(6):139-141,144.
- [4] Dixon J L, Hartshorn A S, Heimsath A M, et al. Chemical weathering response to tectonic forcing: A soils perspective from the San Gabriel Mountains, California[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2012, 323/324:40-49.
- [5] Coulson C B, Davies R I, Lewis D A. Polyphenols in plant, humus, and soil(II): Reduction and transport by polyphenols of iron in model soil columns. [J]. European Journal of Soil Science, 2010,11(1):30-44.
- [6] Tobiašová E, Miškolci J. Humus Substances and Soil Structure[J]. Soil Science Annual, 2012,63(3):31-36.
- [7] Möller K, Schulz R, Müller T. Effects of setup of centralized biogas plants on crop acreage and balances of nutrients and soil humus[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2011,89(2):303-312.
- [8] Toosi E R, Schmidt J P, Castellano M J. Soil temperature is an important regulatory control on dissolved organic carbon supply and uptake of soil solution nitrate[J]. European Journal of Soil Biology, 2014,61(5):68-71.
- [9] Rusu T, Pacurar I, Dirja M, et al. Effect of tillage systems on soil properties, humus and water conservation [J]. Agricultural Sciences,
- [10] Neagu C V, Oprea G. Humus substances and soil fer-

- tility[J]. Scientific Papers, 2012,12(1):103-106.
- [11] 张葛, 窦森, 谢祖彬, 等. 施用生物质炭对土壤腐殖质组成和胡敏酸结构特征影响[J]. 环境科学学报, 2016, 36(2):614-620.
- [12] 董扬红, 曾全超, 安韶山, 等. 黄土高原不同林型植被对土壤活性有机碳及腐殖质的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(1):143-148.
- [13] 张晓曦, 刘增文, 祁源皓, 等. 内蒙半干旱低山区不同纯林土壤腐殖质分异特征及其与其他生物化学性质的关系[J]. 应用生态学报, 2014, 25(10):2819-2825.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 农业出版社, 2008.
- [15] 曹旻霞. 牟定紫色土腐殖质的流失特征研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [16] 崔宏. 退耕还湖后不同植被群落下湿地土壤有机质及磷素含量差异研究[D]. 安徽 芜湖: 安徽师范大学, 2013.
- [17] 陆安祥, 赵云龙, 王纪华, 等. 不同土地利用类型下氮、磷在土壤剖面中的分布特征[J]. 生态学报, 2007, 27(9):3923-3929.
- [18] 刘海涛, 胡克林, 李保国, 等. 土壤剖面基础性差异对农田水氮过程和作物产量的影响[J]. 中国农业科学, 2015, 48(7):1348-1360.
- [19] 张涛, 李素艳, 翟鹏辉, 等. 湿地土壤不同水埋深度的剖面特征: 以东洞庭湖为例[J]. 中国水土保持科学, 2015, 13(4):25-31.
- [20] Zikeli S, Gruber S, Teufel C F, et al. Effects of reduced tillage on crop yield, plant available nutrients and soil organic matter in a 12-year long-term trial under organic management[J]. Sustainability, 2013, 5(9):3876-3894.
- [21] 王峰, 陈玉真, 尤志明, 等. 不同类型茶园土壤腐殖质剖面分布特征研究[J]. 茶叶科学, 2015, 35(3):263-270.
- [22] 宋效东, 郭卢, 赵安, 等. 皖北亳州烟区土壤肥力定量评价[J]. 土壤通报, 2016, 47(1):8-14.
- [23] 马云飞, 尹启生, 张艳玲, 等. 我国浓香型烟区土壤腐殖质组成特征[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(5):10-13.
- [24] 马世五, 高雪松, 邓良基, 等. 不同母质发育的紫色水稻土腐殖质分布特征[J]. 山地学报, 2008, 26(1):45-52.
- [25] 张健, 刘国彬, 许明祥. 黄土丘陵区退耕地生物结皮影响下的土壤腐殖质分异特征[J]. 土壤, 2010, 42(4):541-547.
- [26] Navarrete I A, Tsutsuki K, Navarrete R A. Humus composition and the structural characteristics of humic substances in soils under different land uses in Leyte, Philippines[J]. Soil Science & Plant Nutrition, 2010, 56(2):289-296.
- [27] Phillips L A, Scheffe C R, Fridman M, et al. Organic nitrogen cycling microbial communities are abundant in a dry Australian agricultural soil[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2015, 86:201-211.

(上接第 84 页)

- [13] Xu Weizhou, Deng Xiping, Xu Bingcheng, et al. Photosynthetic activity and efficiency of *Bothriochloa ischaemum* and *Lepedeza daurica* in mixtures across growth periods under water stress[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2014, 36(4):1033-1044.
- [14] 王一, 张霞, 杨文钰, 等. 不同生育时期遮阴对大豆叶片光合和叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(11):2072-2081.
- [15] Terzi R, Saglam A, Kutlu N, et al. Impact of soil drought stress on photochemical efficiency of photosystem II and antioxidant enzyme activities of *Phaseolus vulgaris* cultivars [J]. Turkish Journal of Botany, 2010, 34(1):1-10.
- [16] 范苏鲁, 苑兆和, 冯立娟, 等. 水分胁迫下大丽花光合及叶绿素荧光的日变化特性[J]. 西北植物学报, 2011, 31(6):1223-1228.
- [17] 史胜青, 袁玉欣, 杨敏生, 等. 水分胁迫对 4 种苗木叶绿素荧光的光化学淬灭和非光化学淬灭的影[J]. 林业科学, 2004, 40(1):168-173.
- [18] 付翔, 翟红昌, 刘诚刚, 等. 应用非光化学淬灭初始变化率作为浮游植物光保护能力指标的可行性[J]. 生态学报, 2014, 34(14):3859-3865.
- [19] 焦念元, 赵春, 宁堂原, 等. 玉米—花生间作对作物产量和光合作用光响应的影影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5):981-985.
- [20] Xu Bingcheng, Gao Zhijuan, Wang Jing, et al. N:P ratio of the grass *Bothriochloa ischaemum* mixed with the legume *Lepedeza daurica* under varying water and fertilizer supplies[J]. Plant and Soil, 2016, 400(1):67-79.
- [21] Goedhart C M, Pataki D E, Billings S A. Seasonal variations in plant nitrogen relations and photosynthesis along a grassland to shrubland gradient in Owens Valley, California[J]. Plant and Soil, 2010, 327(1):213-223.