

周玮,严敏,苏春花,等.不同碳酸盐岩和土层厚度下土壤微生物数量及生物量的研究:以贵阳市花溪区为例[J].中国岩溶,2018,37(2):168-174.

DOI:10.11932/karst20180202

不同碳酸盐岩和土层厚度下土壤微生物 数量及生物量的研究 ——以贵阳市花溪区为例

周玮,严敏,苏春花,李玲,雷章琴

(贵州民族大学化学与生态环境工程学院,贵阳 550025)

摘要:碳酸盐岩发育土壤的厚度变幅大,通过野外挖掘调查,在贵阳市花溪区分薄土、中土及厚土3种土层类型研究喀斯特地区不同土层厚度下微生物数量及生物量,结果表明:随着土层厚度的增加,土壤的细菌、真菌、放线菌及微生物总数逐渐增加;细菌在土壤微生物中占据了绝对优势,在石灰岩及白云岩发育土壤的各土层中分别占88.13%、85.71%、87.36%、85.00%及77.78%;石灰岩发育的土壤从薄土到厚土微生物量碳(C)、氮(N)、磷(P)的含量逐渐增加,分别增加 $15.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $2.82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,白云岩从薄土到中土微生物量C、N、P的含量分别增加 $5.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $0.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;在同等厚度下石灰岩发育的土壤微生物量N、P含量明显低于白云岩发育的土壤,中土中差异最大,分别相差 $0.90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $0.21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而石灰岩发育土壤的中土中微生物量C的含量则高于白云岩发育的土壤,高 $17.31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;探讨相关性,pH值对微生物量C、P有显著影响($p < 0.05$),全P含量对微生物量P有极显著影响($p < 0.01$)。

关键词:土层厚度;微生物数量;生物量;碳酸盐岩;黔中地区

中图分类号:S154.3

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2018)02-0168-07

0 引言

土壤微生物在植物凋落物的降解、土壤养分循环与平衡、土壤理化性质的改善中起着重要作用。微生物生物量的多少还反映了土壤同化和矿化能力的大小,是表征退化喀斯特地区土壤质量的重要特征之一^[1]。微生物数量的多少表征土壤中地下的生物多样性。因此研究土壤中的微生物特性对研究土壤的养分转化效应有重要作用,特别是在喀斯特地区。随着人们对土壤微生物重要性认识的不断加深,对土壤微生物的研究日益增多^[2-3]。在喀斯特地区针对土层厚度的研究主要集中在野外调查方法^[4]及空间变

异^[5-6]研究,而对不同土层厚度下的土壤微生物性质的研究还未见报道,因此本文选择贵州省贵阳市花溪区石灰岩和白云岩发育的土壤作为研究对象,研究在不同的土层厚度(薄土、中土及厚土)下土壤的微生物数量及生物量的变化,得出土层厚度对土壤中微生物的影响,揭示不同土层厚度下土壤中养分有效性及循环变化过程,以期为治理喀斯特地区石漠化、改善喀斯特地区生态环境提供理论依据。

1 研究点选择与土样采集

1.1 研究点概况

资助项目:贵州省科技厅、贵州民族大学联合基金(黔科合LH字[2014]7382号)

第一作者简介:周玮(1982-),女,博士,副教授,研究方向:森林土壤学。E-mail: 605466767@qq.com。

收稿日期:2017-01-02

研究试验点选择在贵州省贵阳市的花溪区,其属于典型的亚热带季风气候,雨热同期,年均气温为 14.9 ℃,年均降水量 1 229 mm(夏季雨水充沛)。在研究区域内选择花溪水库(其土壤由石灰岩发育形成)和贵州大学南校区(土壤由白云岩发育形成)作为研究对象,具体采样示意图见图 1。研究区内的灌丛主要由火棘(*Pyracantha fortuneana*)、野蔷薇(*Rosa multiflora* Thunb.)、荚迷(*Viburnum dilatatum*

Thunb.)、鼠李(*Rhamnus davurica* Pall)、小叶女贞(*Ligustrum quihoui* Carr.)等,草本植物主要有白蒿(*Herba Artemisiae Sieversianae*)、蚊子草(*Filipendula palmata* Maxim.)、黑蒿(*Artemisia palustris* Linn)、蛇莓(*Duchesnea indica*)、野地瓜藤(*Caulis Fici Tikouae*)、鬼针草(*Herba Bidentis Bipinnatae*)、附地菜(*Trigonotis peduncularis*)等。



图 1 土样采样点示意图

Fig. 1 Sketch map of sampling point

根据前期对贵州省普定县喀斯特地区石灰土(包括白云岩及石灰岩发育土壤)土层厚度的全面调查,并进行聚类分析的结果,根据土层厚度(从土壤表层到岩石)变化将土壤划分为薄土(< 40 cm)、中土(40~90 cm)和厚土(>90 cm)。

1.2 土壤样品采集

分别在花溪水库(为石灰岩发育形成土壤)和贵州大学南校区(白云岩发育形成土壤)挖掘土壤,从土壤表层到岩石层测量土壤厚度,根据实际测量的土层

厚度划分样地类型(划分为薄土、中土及厚土),每种类型样地重复 3 个,在每个样地内按照五点采样法采集土样,采样时按照土壤发生层取土壤样品(不能明显区分发生层的只取 1 层),并进行分析,最后计算平均值代表每种土层厚度类型的平均状况,每个样地重复 3 个,每个重复分 2 袋进行收集,1 袋带回室内自然风干,过 2 mm 及 0.25 mm 筛,供土壤养分含量分析用,1 袋直接放入冰箱,冷藏保存,供土壤微生物量测定使用。其基本情况见表 1。

表1 土样基本情况

Table 1 Basic situation of soil sample

岩性	土层类型	位置	平均土层厚度/cm	含水率/%	pH	有机质/ g · kg ⁻¹	碱解 N/ mg · kg ⁻¹	速效 K/ mg · kg ⁻¹	速效 P/ mg · kg ⁻¹
石	薄土(<40 cm)	花溪水库	19.7	16.34	7.10	18.9	111.1	1.9	205.4
灰	中土(40~90 cm)	花溪水库	65.8	13.00	7.10	19.1	101.0	6.4	205.5
岩	厚土(>90 cm)	花溪水库	103.5	18.37	7.13	21.4	55.9	1.5	182.3
白云岩	薄土(<40 cm)	贵大南校区	15.0	13.68	7.57	16.6	46.1	4.5	251.9
白云岩	中土(40~90 cm)	贵大南校区	52.3	4.48	7.24	54.0	49.6	2.4	234.4

2 研究方法

2.1 土壤样品测定方法

土壤微生物生物量的测定方法参考吴金水等^[7]的《土壤微生物生物量测定方法及其应用》:土壤微生物生物量碳(C)采用熏蒸提取—容量分析法;土壤微生物生物量氮(N)采用熏蒸提取—茚三酮比色法;土壤微生物生物量磷(P)采用熏蒸提取—全P测定法。土壤微生物数量测定方法参照《土壤微生物研究法》^[8],细菌、真菌和放线菌数量测定采用平板稀释培养法,相应的培养基分别采用牛肉膏蛋白胨培养基、马丁氏—孟加拉红培养基加链霉素和改良高氏1号培养基,细菌于36℃培养箱内培养24h,放线菌于28℃培养3~4d,真菌于30℃培养5~7d。土壤化学性质的测定参考鲍士旦^[9]的《土壤农化分析》进行分析:土壤有机C测定采用硫酸—重铬酸钾外加热法;碱解N测定采用扩散法;速效P测定采用钼锑抗比色法,速效K测定采用醋酸铵浸提—火焰光度计法;pH值采用pH计法。

2.2 数据处理

本文采用Microsoft office Excel 2003软件及SPSS 13.0对数据进行整理及统计分析。

3 结果与分析

3.1 不同土层厚度下土壤微生物生物量

土壤微生物量碳含量变化会影响土壤的很多特性,是土壤有机碳库中比较活跃的部分,与土壤中CO₂气体的排放有明显关系。本研究测定土壤微生物量见表2,从表中可看出,石灰岩发育土壤中微生物量碳(MBC)含量在17.99~33.14 mg · kg⁻¹,与任京辰等^[10]研究的贵州喀斯特土壤结果(179~844

mg · kg⁻¹)不一致,较其研究结果小。而白云岩发育土壤中的含量则更低,在8.13~13.26 mg · kg⁻¹之间,显著低于石灰岩发育土壤中的含量。而在同样土层厚度下白云岩发育土壤中微生物量氮、磷(MBN、MBP)则显著高于石灰岩发育土壤($p < 0.05$)。

白云岩发育的土壤微生物量氮含量从薄土到中土的变化不大,仅相差0.39 mg · kg⁻¹;石灰岩发育的土壤厚土中微生物量氮含量最高,为3.48 mg · kg⁻¹,明显高于薄土和中土,薄土和中土氮含量较低,分别为0.66 mg · kg⁻¹及0.74 mg · kg⁻¹,低于白云岩发育土壤中同等土层下的氮含量。微生物量磷含量与微生物量碳、氮变化趋势一致。白云岩发育土壤的微生物量磷的含量在各土层厚度下均高于石灰岩发育土壤的含量。石灰岩发育土壤薄土与厚土之间微生物量磷的含量相差较大,相差0.19 mg · kg⁻¹。因为薄土中土层厚度小于40cm,土壤湿度较低,容易受大气温度的影响,土温变化比较快,并且植被类型主要是以草本植物为主,有机质含量低,为微生物提供的能源及碳源较少,环境条件对微生物的生长较为不利,并且在喀斯特地区一般土层厚度小于40cm的区域基本分布在山顶,水土流失的过程中使得该地区不仅土层厚度变薄,土壤中的养分含量也流失掉。因此,在薄土区,土壤中微生物生物量较低。而厚土中则正好相反,土壤厚度大于90cm时,地上植被类型主要以灌木或乔木为主,覆盖度较高,生物量较大,养分的归还量也较多,且大多位于喀斯特山地的低凹地带,养分含量相对较高,为微生物的生长、繁育提供了良好的环境条件和充足的碳源,因此在厚土区微生物生物量含量较高。在通常情况下,土壤碳含量高,土壤微生物生物量也高。

微生物生物量仅占土壤中有有机C(SOC)、全N(TN)及全P(TP)的很少部分,但它是土壤中C、N、P

元素中比较活跃的部分,对土壤中元素的循环有很重要作用,可表征土壤中元素的变化及转移。白云岩发育土壤微生物量碳与有机碳的比值随着土层厚度的增加,比值降低,说明土壤中的有机碳是处于生物积累的过程,微生物的转化量占总量的比例降低,有机碳慢慢积累。在石灰岩发育的土壤中薄土中比值最低,为 0.10%,土壤中有有机碳的积累最少;中土层最

高,为 0.16%;到厚土区又降低到 0.15%;有机碳的积累量在中土层最高。石灰岩及白云岩发育土壤中微生物量 P 占土壤中全 P 量较少,仅占 0.004%~0.015%,说明土壤中通过微生物作用转化的 P 元素的含量比较少,C、N 元素较多,因为土壤中 P 主要以固定态形式存在,土壤中 P 素多,但植物可利用的少,通过微生物同化的更少。

表 2 土壤微生物生物量及其与全量的比值(单位:mg·kg⁻¹)

Table 2 Soil microbial biomass and the percentage of soil microbial biomass to total matter

岩性	土层厚度	微生物量碳 (MBC)	微生物量氮 (MBN)	微生物量磷 (MBP)	MBC/SOC%	MBN/TN%	MBP/TP%
石灰岩	薄土	17.99±4.8a	0.66±0.15a	0.06±0.01a	0.10a	0.14a	0.004a
	中土	30.57±11.9b	0.74±0.37a	0.12±0.10a	0.16b	0.38a	0.007a
	厚土	33.15±7.6b	3.48±1.30b	0.24±0.03b	0.15b	1.12b	0.011b
白云岩	薄土	8.13±1.2c	1.25±1.15c	0.23±0.05b	0.03c	0.27a	0.007a
	中土	13.26±1.6d	1.64±0.79c	0.33±0.04c	0.02c	1.05b	0.018c

注:不同小写字母表示差异显著。

3.2 土壤微生物数量

土壤微生物数量主要包括细菌、真菌及放线菌三大菌群数量。从表 3 中可看出,在喀斯特地区随着土层厚度的增加,土壤中细菌、真菌、放线菌的数量逐渐增加,并且细菌数>放线菌数>真菌数。细菌在土壤微生物中占据了绝对优势,在各土层中分别占 88.13%、85.71%、87.36%、85.00%及 77.78%,说明细菌在喀斯特地区中对有机质的分解转化以及养分的循环代谢起重要作用。在同一土层厚度条件下,白云岩发育土壤的微生物数量明显低于石灰岩发育

土壤。细菌总数的差异最为明显,白云岩发育土壤中细菌总数是石灰岩发育土壤中细菌总数的 3 倍以上。

同等土层厚度下石灰岩与白云岩发育土壤细菌及微生物总数差异显著($p < 0.05$),白云岩发育土壤薄土与中土间放线菌数量差异显著($p < 0.05$),真菌、细菌及微生物总数在薄土与中土之间差异不显著($p > 0.05$),石灰岩发育土壤厚土中细菌、真菌、放线菌及微生物总数与薄土、中土均有显著差异($p < 0.05$)。

表 3 土壤微生物组成及数量(干土)

Table 3 Composition and number of soil microbes(dry soil)

岩性	土层厚度	细菌数量/ ×10 ⁵ /g	真菌数量/ ×10 ³ /g	放线菌数量/ ×10 ⁴ /g	总数数量/ ×10 ⁵ /g
石灰岩	薄土	0.52±0.22a	0.51±0.35a	0.62±0.56a	0.59a
	中土	0.54±0.37a	0.68±0.42a	0.82±0.45a	0.63a
	厚土	0.83±0.48b	0.96±0.59b	1.06±0.74b	0.95b
白云岩	薄土	0.17±0.6c	0.45±0.43a	0.23±0.52c	0.20c
	中土	0.21±0.44c	0.62±0.61a	0.56±0.75a	0.27c

注:不同小写字母表示差异显著。

3.3 土壤微生物与土壤化学性质的关系

从表4可看出,土壤中微生物量P与土壤全P含量呈极显著正相关关系($p < 0.01$),说明土壤中全P的含量对微生物生物量P的含量影响较大;微生物量C、P与pH值呈显著相关关系($p < 0.05$),pH值对微生物量C及微生物量P都有明显影响,因为土壤

中微生物的生存、繁殖都受pH值影响,pH值是影响微生物特性的关键因子之一。有机质的含量与微生物数量相关关系显著($p < 0.05$),与微生物生物量相关关系不显著。全氮含量与真菌、放线菌呈显著正相关关系($p < 0.05$)。

表4 土壤化学性质与微生物数量及生物量的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of soil chemical properties with microbial quantity and biomass

	TN	AHN	TP	AP	OM	pH值
MBC	-0.14	0.15	0.27	-0.16	0.09	-0.41*
MBN	-0.29	-0.16	-0.04	0.11	0.06	-0.02
MBP	-0.079	0.26	0.60**	-0.11	-0.01	0.36*
细菌	0.24	0.25	0.17	-0.18	0.39*	0.61**
真菌	0.39*	-0.13	0.24	0.21	0.38*	0.42*
放线菌	0.39*	0.26	0.22	0.17	0.41*	0.37*

注:**表示0.01水平的显著性,为极显著;*表示0.05水平的显著性,为显著。

4 讨论

喀斯特地区主要将土层厚度作为土壤退化及石漠化程度的度量指标进行研究。对喀斯特地区不同的土层厚度下土壤性质的变化的研究目前国内未见报道,国外的相关报道也很少。因此,本文选择以贵阳市花溪区为例,选择碳酸盐岩发育土壤进行分析,研究白云岩及石灰岩发育土壤在不同土层厚度下的微生物数量及生物量,目的在于探讨喀斯特地区不同的土层厚度下土壤中养分的变化情况。

通过分析可看出,黔中喀斯特地区随着土层厚度的增加,土壤微生物生物量的含量逐渐增加,Allison等^[11]发现微生物总生物量随厚度下降。Ilieva-Makulec^[12]发现,随着土壤厚度的增加,线虫总数和种类多样性减少,说明土层厚度的变化对土壤中的微生物及微生物生物量有明显影响,土层变薄对土壤的生物有明显制约作用,这与本研究的结果一致,且目前国内外有很多研究^[13-16]证明土层厚度逐渐变薄,对地上生长的植被有明显的制约作用,表现出明显的地上生长不良现象,这一方面是由于土层浅薄对植物的根系生长不利或扎根不良^[17],另一方面也证明土

层变薄对土壤中养分的转化有影响,从而影响了植物对土壤养分的吸收作用。根据对微生物生物量占土壤中营养物质的百分比的分析可看出,随着土层厚度的增加,土壤中微生物量的含量在土壤中所占的比例逐渐增加,这也说明土壤随着土层厚度的增加,土壤养分的同化及矿化作用增强,地上植物能吸收利用的量逐渐增加。

在同等厚度下石灰岩发育的土壤微生物生物量N、P含量明显高于白云岩发育的土壤,而微生物生物量C的含量则正好相反,白云岩发育的土壤中的含量低于石灰岩发育的土壤。微生物生物量N、P的含量在石灰岩发育的土壤中所占的含量低于白云岩发育的土壤。通过相关性分析可看出,土壤的pH值含量对微生物数量及生物量有显著影响,土壤全P含量对微生物生物量P有极显著影响,这与卢晓强等^[18]的研究结果有差异,卢晓强等的研究表明:除了K、Na和交换性Na⁺外,土壤微生物生物量与其他养分元素均呈现显著的正相关关系。进一步证实,土壤微生物在养分循环与平衡、土壤理化性质的改善中起着重要作用^[19],又受土壤理化性状的影响^[20]。

5 结 论

本文通过野外调查及室内分析,以贵阳市花溪区碳酸盐岩发育土壤为研究对象,分析不同土层厚度下土壤的微生物数量及生物量的含量,得出以下结论:

(1)白云岩发育土壤微生物量 C 低于石灰岩,微生物 N、P 含量则相反。随着土层厚度的增加,土壤中微生物量的含量逐渐增加。白云岩发育土壤微生物量碳与有机碳的比值随着土层厚度的增加而降低,石灰岩发育的土壤中薄土的比值最低,为 0.10%,中土层最高,为 0.16%,到厚土层又降低到 0.15%,微生物量 P 占土壤全 P 量较少,仅占 0.004%~0.015%。

(2)同等土层厚度下石灰岩与白云岩发育土壤细菌及微生物总数差异显著($p < 0.05$),白云岩发育土壤薄土与中土间放线菌数量差异显著($p < 0.05$),石灰岩发育土壤厚土中细菌、真菌、放线菌及微生物总数与薄土、中土均有显著差异($p < 0.05$)。随着土层厚度的增加,土壤中细菌、真菌、放线菌的数量逐渐增加,并且细菌数>放线菌数>真菌数。细菌在土壤微生物中占据了绝对优势。在同一土层厚度条件下,白云岩发育土壤的微生物数量明显低于石灰岩发育土壤。细菌总数的差异最为明显,白云岩发育土壤中细菌总数是石灰岩发育土壤中的 3 倍以上。

(3)微生物量 C、P 与 pH 值呈显著相关关系($p < 0.05$),土壤中微生物量 P 与土壤全 P 含量呈极显著正相关关系($p < 0.05$),有机质的含量与微生物数量相关关系显著($p < 0.05$),与微生物生物量相关关系不显著。全氮含量与真菌、放线菌呈显著正相关关系($p < 0.05$)。

参考文献

- [1] 魏媛,张金池,喻理飞. 退化喀斯特植被恢复过程中土壤微生物生物量碳的变化[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2008, 32(5): 71-75.
- [2] 蔡燕飞,廖宗文,章家恩,等. 生态有机肥对番茄青枯病及土壤微生物多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(3): 349-353.
- [3] 陈素华,孙铁珩,周启星,等. 微生物与重金属间的相互作用及其应用研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(2): 239-242.
- [4] 严冬春,文安邦,鲍玉海,等. 岩溶坡地土壤空间异质性的表述与调查方法:以贵州清镇市王家寨坡地为例[J]. 地球与环境, 2008, 36(2): 130-135.
- [5] 尹亮,崔明,周金星,等. 岩溶高原地区小流域土壤厚度的空间变异特征[J]. 中国水土保持科学, 2013, 11(1): 51-58.
- [6] 周运超,王世杰,卢红梅. 喀斯特石漠化过程中土壤的空间分布[J]. 地球与环境, 2010, 38(1): 1-7.
- [7] 吴金水,林启美,黄巧云等编著. 土壤微生物生物量测定方法及其应用[M]. 北京:气象出版社, 2006.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤微生物研究方法[M]. 北京:科学出版社, 1985: 34-58.
- [9] 鲍士旦编著. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [10] 任京辰,张平究,潘根兴,等. 岩溶土壤的生态地球化学特征及其指示[J]. 地球科学进展, 2006, 21(5): 504-512.
- [11] Allison V J, Yermakov Z, Miller R M, et al. Using landscape and depth gradients to decouple the impact of correlated environmental variables on soil microbial community composition[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2007, 39(2): 505-516.
- [12] Ilieva-Makulec K. Nematode fauna of a cultivated peat meadow in relation to soil depth[J]. Annales Zoologici, 2000, 50(2): 247-254.
- [13] 翟学昌,黄敦元,曾斌. 土层厚度与坡向对光皮树生长的影响[J]. 林业科技开发, 2013, 27(1): 117-119.
- [14] 王林,冯锦霞,万贤崇. 土层厚度对刺槐旱季水分状况和生长的影响[J]. 植物生态学报, 2013, 37(3): 248-255.
- [15] 郑兰英,孟翎冬,熊德礼,等. 不同坡度和土层厚度对毛竹生长量的影响研究[J]. 湖北林业科技, 2012(1): 1-2, 64.
- [16] Vogel H. Tillage effects on maize yield, rooting depth and soil water content on sandy soils in Zimbabwe[J]. Field Crops Research, 1993, 33(4): 367-384.
- [17] Klirkegaard J A, Lilley J M. Root penetration rate—a benchmark to identify soil and plant limitations to rooting depth in wheat[J]. Australian Journal of Experimental, 2007, 47(5): 590-602.
- [18] 卢晓强,杨万霞,奚月明. 喀斯特地区不同植被恢复类型对土壤化学及微生物生物量的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2015, 39(5): 73-80.
- [19] Doran J W, Zeiss M R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality[J]. Applied Soil Ecology, 2000, 15(1): 3-11.
- [20] 胡亚林,汪思龙,颜绍旭. 影响土壤微生物活性与群落结构因素研究进展[J]. 土壤通报, 2006, 37(1): 170-176.

Study on soil microbial quantity and biomass developed from different carbonate-rock and soil thickness: A case study of Huaxi district in Guiyang

ZHOU Wei, YAN Min, SU Chunhua, LI Ling, LEI Zhangqin

(College of Chemistry and Eco-environmental Engineering, Guizhou Minzu University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract The Huaxi district of Guiyang is located in the center of Guizhou Province. The soil thickness developed from carbonate rocks has a wide range. The soil quality greatly changes with different soil thickness, especially the characteristic of microorganism. Based on field investigation, 3 kinds of soil types, namely thin soil, middle soil and thick soil were studied in Huaxi, Guiyang. The number and biomass of microorganism under different soil thickness in karst area were studied. The results showed that the quantity of bacteria, fungi and antinomies gradually increased with the soil thickness increase. Compared with the fungi and antinomies, bacteria occupy an absolute advantage in soil microbes. They account for 88.13%, 85.71%, 87.36%, 85.00% and 77.78% of soil in different soils thickness developed from limestone and dolomite respectively. In limestone soil, the content of microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus gradually increased from the thin soil to the thick soil, of which the increasing amount were $15.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.82 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.18 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. And in dolomite soil, the content of microbial carbon, nitrogen and phosphorus increased from the thin soil to the middle soil, of which the increasing amount were $5.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. The content of microbial nitrogen and phosphorus in the soil developed from limestone is significantly higher than that developed from dolomite under the same soil layer, of which the difference in middle soil was the largest, with a difference of $0.90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ respectively. In comparison, this content of microbial biomass carbon in the soil of limestone is higher than that in the dolomite soil, which is $17.31 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ high. The result of correlation analysis showed that the pH value had a significant effect on the microbial biomass carbon and phosphorus ($p < 0.05$), the total phosphorus content has a significant effect on microbial biomass phosphorus ($p < 0.01$).

Key words soil thickness, microbial quantity, microbial biomass, carbonate rocks, the center of Guizhou

(编辑 黄晨晖)