

阿尔泰山区土壤有机碳组成及分布规律研究

徐华君^{1,2}, 殷志刚¹

(1. 新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008)

摘 要: 研究了阿尔泰山地土壤有机碳的组成及分布变化规律, 研究认为, 随着海拔高度的增加, 土壤的易氧化有机碳逐渐减少, 其氧化稳定系数, 即 Kos 值逐渐增大, 具有一定的垂直地带性; 虽然土壤有机碳总量随海拔高度的增加而增加, 但其有效肥力却逐渐减少, 由低海拔到高海拔, 土壤有机质逐渐以累积为主。

关键词: 土壤有机碳; 氧化稳定性; Kos 值; 垂直地带性; 阿尔泰山区

中图分类号: S153.6⁺21. **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)01-0033-04

土壤有机碳是土壤肥力的重要物质基础, 其对土壤肥力的作用不仅决定于其数量, 而且决定于其质量。其本身也被认为是衡量土壤肥力的重要指标之一, 对土壤的物理、化学和生物特性影响较大^[1]。以往国内外学者对土壤有机碳氧化稳定性能变化的研究, 大多是以某种耕作土壤为基点, 研究有机质品质, 以探讨有机培肥机理, 对自然土壤的此类研究少有报道。为此, 本文以阿尔泰山区的土壤为研究对象, 试图初步比较阿尔泰山区土壤有机碳氧化稳定性的变化, 讨论其与土壤肥力的关系, 希望能够为深入研究和评价这个地区土地利用变化对土壤有机碳的影响提供一些依据。

1 材料与方法

1.1 土样采集

阿尔泰山区是新疆境内相对寒冷湿润的地区, 不仅有与水热条件相适应的土壤形成特征, 土壤垂直分布也有其特殊的规律性。因其山体高大, 土壤垂直带完整, 区域差异性显著, 对于研究干旱中温带的山地土壤具有代表性。

按其垂直分布, 共选择了 9 个自然带作为研究对象。由于自然土壤的厚度深浅有一定的差异, 所以, 各个取样剖面, 均取自表层(即有机质层, 包括枯枝落叶层)。共采集 76 个样品。

1.2 分析方法与数据处理

土壤有机碳氧化稳定性采用袁可能法^[2], 即用 0.4 mol/L 1/6K₂Cr₂O₇—H₂SO₄(1:1)170~180℃煮

沸 5 min 测定土壤有机碳(b), 用 0.2 mol/L 1/6 K₂Cr₂O₇—H₂SO₄(1:3)130~140℃煮沸 5 min 测定易氧化有机碳(a)含量, 氧化稳定系数 Kos=(b-a)/a, 其中(b-a)为难氧化有机碳; 其它相关指标的测试采用常规分析法^[3]; 定义土壤有机质活化度为 a/b。

数据的相关处理, 采用 SPSS(10.0)软件进行。

2 结果与分析

本研究对所采土样进行了总有机碳和易氧化有机碳的测定, 进而推算出难氧化有机碳的含量, 并计算出 Kos 值和有机碳活化度; 对全氮(TN)、盐基饱和度(BSP)、阳离子代换量(CEC)及 pH 值等进行了测定, 计算了碳氮比(C/N)。具体数据见表 1。

2.1 土壤有机碳含量垂直变化规律

从土样分析结果来看, 从基带的棕钙土至高山寒冻土, 土壤的有机碳呈上升趋势, 特别是自山地黑钙土开始, 有很大的增加, 最低为 6.2 g/kg, 最高达 125.8 g/kg(表 1), 在高山草甸土和亚高山草甸土处虽然略有降低, 但仍然维持在较高的范围。

从数据上分析, 自山地黑钙土向上, 土壤有机碳的含量很高, 属肥力指标较好的土壤。一般也认为, 土壤有机碳含量与土壤肥力高低呈正相关, 但有学者的研究却提出了不同的观点, 他们认为, 当土壤肥力达到一定水平或有机碳含量超过一定数量时, 二者之间并不呈正相关关系^[2,4]。

收稿日期: 2007-01-25

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点实验室绿洲生态实验室开放课题(XJDX 0201—2006—03)

作者简介: 徐华君(1962—), 男, 上海市人, 副教授, 博士, 主要从事土壤地理学和区域环境演变的研究。

E-mail: xuhua jun@xju.edu.cn.

表 1 受测土壤的基本性状

Table 1 General properties of the experimental soils

土壤类型 Soil types	有机碳 Organic C. (g/kg)	易氧化 有机碳 Readily oxidizable C. (g/kg)	难氧化 有机碳 Difficultly oxidizable C. (g/kg)	Kos Kos value	有机碳 活化度 Activity of organic C. (%)	全氮 Total N (g/kg)	C/N	BSP (%)	CEC [cmol(+) /kg]	pH 值 pH value
高山寒冻土 Alpine frost soil	125.8	52.5	73.3	1.40	0.42	6.26	20.1	44.86	50.38	5.02
高山草甸土 Alpine meadow soil	94.3	43.7	50.6	1.16	0.46	7.25	13.0	29.33	31.70	5.7
亚高山草甸土 Subalpine meadow soil	74.6	37.7	36.9	0.98	0.51	6.42	11.6	43.59	30.97	5.08
山地棕色针叶林土 Mountain brown coniferous forest soil	109.4	60.1	49.3	0.82	0.55	4.95	22.1	51.31	49.58	5.22
山地灰色针叶林土 Mountain gray coniferous forest soil	105.1	59.7	45.4	0.76	0.57	5.04	20.9	80.57	63.53	5.68
山地黑钙土 Mountain chernozem	86.9	53.6	33.3	0.62	0.62	6.26	13.9	80.00	58.73	6.68
山地栗钙土 Mountain chestnut soil	30.9	19.9	11.0	0.55	0.64	2.79	11.1	4.42	21.26	8.28
山地棕钙土 Mountain brown calcic soil	8.3	5.6	2.7	0.48	0.68	0.75	11.1	3.97	18.88	8.39
棕钙土 Brown calcic soil	6.2	4.3	1.9	0.44	0.69	0.78	7.9	3.58	4.75	9.09

2.2 土壤有机碳稳定性的变化规律

土壤有机碳的高低,并不能完全表征土壤有效肥力的高低。根据分析方法的不同,土壤有机碳可分为易氧化有机碳和难氧化有机碳等。易氧化有机碳的多少表征着土壤能释放的有效肥力的多少。难氧化有机碳含量的高低,则更多地代表了土壤缓效性养分贮备的多少,其稳定性决定了这些养分不易转化。因而,难氧化有机碳虽有利于土壤结构的稳定,但其供肥能力较低。

从易氧化有机碳的分析来看,自基带土壤棕钙土至高山寒冻土,其数值呈增高的趋势,但从变化的幅度来讲,易氧化有机碳的变化与总有机碳的变化幅度并不同步,而难氧化有机碳则基本与总有机碳的分布变化同步(见表 2)。可以看出,难氧化有机碳在垂直带中的分布态势与总有机碳的分布态势基本一致,其最高值出现在高山寒冻土带,其较高值部分的排序(从高至低),对总有机碳而言,顺序为:高山寒冻土>山地棕色针叶林土>山地灰色针叶林土>高山草甸土>山地黑钙土>亚高山草甸土;对难氧化有机碳而言,顺序为:高山寒冻土>高山草甸土>山地棕色针叶林土>山地灰色针叶林土>亚高山草甸土>山地黑钙土;但对易氧化有机碳而言,顺序则是:山地棕色针叶林土>山地灰色针叶林土>山

地黑钙土>高山寒冻土>高山草甸土>亚高山草甸土,其排序发生了较大的变动,易氧化有机碳最高值出现在山地棕色森林土和山地灰色森林土,而并不在有机碳含量最高的高山寒冻土。也就是说,总有有机碳含量高的土壤,其有效肥力未必就高。

比较自上到下的变化趋势表明,有机碳的氧化稳定性大致有降低的趋势,而有机碳的活化度逐渐增高,表示土壤有机质的氧化稳定性与其水热形成条件有关,并有一定的垂直地带性规律。

2.3 土壤 Kos 值的变化规律

土壤有机碳氧化稳定性是土壤有机碳的一个重要性质,它与腐殖质抵抗氧化的能力有关,关系到腐殖质分解难易,影响土壤肥力的发挥。它用氧化稳定系数(Kos)来衡量,Kos 值越大,氧化稳定性越大,反之,则越小。

徐建民等^[5]认为在气候影响下,地带性土壤中有有机质的氧化稳定性有一定的地带性。虽然徐建明等^[5]所讨论的地带性规律是指从北向南,土壤有机质的 Kos 值有渐降趋势,呈现一定的纬度地带性,而从本研究来看,Kos 值变化,以基带的棕钙土有机质氧化稳定性为低,山地土壤氧化稳定性高,并且 Kos 值随海拔的升高而增加,相似地表现出明显的垂直地带性。

2.4 土壤有机碳与相关指标的关系

土壤有机碳、易氧化有机碳和难氧化有机碳含量及 Kos 值与土壤全氮(TN)、碳氮比(C/N)、盐基饱和度(BSP)、阳离子代换量(CEC)及 pH 值之间关系的相关分析表明(表 2),土壤有机碳、易氧化有机碳、难氧化有机碳与土壤全氮、C/N、及土壤阳离子

代换量之间有极显著或显著的正相关关系;pH 值则与这些指标呈极显著或显著负相关关系;而盐基饱和度(BSP)与大多数指标有着显著或极显著相关关系,尤其是和阳离子代换量之间的相关程度很高,相应的和易氧化有机碳的相关程度也较高。

表 2 有机碳及相关指标的相关系数

项目 Items	有机碳 Organic C.	易氧化碳 Readily oxidizable C.	难氧化碳 Difficultly oxidizable C.	Kos 值 Kos Value	全氮 Total N.	C/N	BSP	CEC	pH 值 pH Value
有机碳 Organic C	1.000 *	0.963 **	0.969 **	0.783 *	0.860 **	0.839 **	0.781 *	0.860 **	-0.930 **
易氧化碳 Readily oxidizable C.	0.963 **	1.000 *	0.867 **	0.595	0.820 **	0.845 **	0.887 *	0.933 **	-0.873 **
难氧化碳 Difficultly oxidizable C.	0.969 **	0.867 **	1.000 *	0.904 **	0.840 **	0.780 *	0.634	0.737 *	-0.922 **
Kos 值 Kos value	0.783 *	0.595	0.904 **	1.000 *	0.781 *	0.498	0.312	0.416	-0.822 **
全氮 Total N.	0.860 **	0.820 **	0.840 **	0.781 *	1.000 *	0.462	0.685 *	0.675 *	-0.870 **
C/N	0.839 **	0.845 **	0.780 *	0.498	0.462	1.000 *	0.679 *	0.837 **	-0.730 *
BSP	0.781 *	0.887 *	0.634	0.312	0.685 *	0.679 *	1.000	0.941 *	-0.690
CEC	0.860 **	0.933 **	0.737 *	0.416	0.675 *	0.837 **	0.941 *	1.000 *	-0.727 *
pH 值 pH value	-0.930 **	-0.873 **	-0.922 **	-0.822 **	-0.870 **	-0.730 *	-0.690	-0.727 *	1.000 *

注 Note: * $P<0.05$; * * $P<0.01$.

从数据分析看,全氮的数量对总有机碳、易氧化有机碳和难氧化有机碳有较为显著的影响,其中与难氧化有机碳的相关程度较易氧化有机碳稍高;而 C/N 虽然与总有机碳、易氧化有机碳和难氧化有机碳都有较高的相关性,但其与易氧化有机碳的相关程度要更高,也就是说,易氧化有机碳的多少与土壤中 C/N 的关系更为密切。

自山地黑钙土向上,有机碳的增加很快,且保持较高的含量,这是因为随海拔高度的增加,降水量增大,虽然自亚高山草甸以上,降水量会有所减少,但温度随海拔高度的增加而降低,使得蒸发量也减少,土壤中可以保持较多的水分,而低温高湿的条件限制了土壤中好气性微生物的活动,不利于难氧化有机碳的矿化,使土壤有机碳的分解减少而累积增加。而难分解的有机碳数量增加,则氧化稳定性值增大。

从总体来讲,随着海拔高度的增加,Kos 值增大,也就是说,土壤有机碳的活性在降低(见表 1);而如果把垂直带中的土壤依其海拔高度和地表植被类型分成三个大类,即高山土壤(高山寒冻土、高山草甸土和亚高山草甸土)、山地森林土壤(山地棕色针叶林土、山地灰色针叶林土)和山地草原土壤(山地黑钙土、山地栗钙土、山地棕钙土),可以发现,同一大类的不同土壤中的 C/N 随海拔高度的降低在

降低,而土壤有机碳的活性却随之增加。

从土壤溶液 pH 值的变化来看,随着海拔高度的降低,土壤的 pH 值逐渐增高,土壤溶液由酸性渐变为碱性。土壤 pH 可以影响微生物的生长和活动,在酸性土壤中,微生物种类受到限制,以真菌为主,从而减缓了有机质的分解,同时,植物物质的分解会减缓;在碱性条件下,有机物质的溶解、分散和化学水解作用会增大,可以提高微生物对有机物质的利用率。所以,随海拔高度的降低,土壤有机碳的 Kos 值也随之降低,土壤有机碳的活性增加。

3 小 结

本文主要讨论了新疆阿尔泰山区土壤有机碳组成及部分指标的分布规律。综合以上分析,研究结果如下:

- 1) 阿尔泰山区土壤有机碳分布具有一定的垂直地带性规律,自下向上,随着海拔高度的增加,土壤有机碳的含量呈逐渐增长趋势。
- 2) Kos 值随海拔高度的增加逐渐增高,有机碳的活化度随海拔高度的增高而逐渐降低,表现为土壤有机碳逐渐以累计为主,其有效肥力逐渐降低。
- 3) 土壤有机碳和一些相关指标变化规律与山地水热条件的变化密切相关,特殊的水热条件产生

相应的土壤类型组合,表现相应的组合类型特征。

参 考 文 献:

[1] Powlson D S, Brookes P C. Measurement of soil microbial biomass provides an early Indication [J]. Soil biology and biochemistry, 1987,19(2):159—164.
[2] 袁可能·土壤腐殖质氧化稳定性的研究[J]. 浙江农业科学, 1964, (7):345—349.
[3] 李酉开·土壤农业化学常规分析法[M]. 北京:科学出版社, 1984.
[4] 浙江农业大学土壤教研室·再论本省肥沃水田土壤的若干农

业性状[J]. 浙江农业科学, 1976, (1):10—15.
[5] 徐建民,袁可能·我国地带性土壤中有机质氧化稳定性的研究[J]. 土壤通报, 1995, 26(1):1—3.
[6] 新疆维吾尔自治区林业厅·新疆山地森林土壤[M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社, 1995.
[7] 中国科学院新疆综合考察队·新疆土壤地理[M]. 北京:科学出版社, 1965.
[8] 李天杰,郑应顺,王 云·土壤地理学(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社, 1983. 38.
[9] 张凤荣·土壤地理学[M]. 北京:中国农业出版社, 2002.
[10] 陈怀满·环境土壤学[M]. 北京:科学出版社, 2005. 61, 129—133.

Study on soil organic carbon composition and distribution law
in Altai Mountains, Xinjiang, China

XU Hua-jun^{1,2}, YIN Zhi-gang¹

(1. College of Resources & Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China;
2. School of Environmental Sciences & Spatial Informatics,
China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

Abstract: Study was made on soil organic carbon composition and distribution law in Altai Mountains. The results showed that the readily oxidizable carbons were decreasing, and the Kos value was increasing with altitude raise. All of these were distributed vertically in zonality. Although the total soil organic carbons increased with the altitude rising, but the effective fertility decreased. From the foot to the top of the mountains, the soil organic matter accumulated gradually.

Key words: soil organic carbon; sxdation stability; Kos value; vertical zonality; Altai Mountains

(上接第 28 页)

[11] 陈 倩,穆环珍,黄衍初,等·木质素对土壤磷素形态转化及对磷有效性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(6): 745—748.
[12] 彭 娜,王凯荣,Buresh R J,等·不同水分条件下施用稻草对土壤有机酸和有效磷的影响[J]. 土壤学报, 2006, 43(2): 347—351.

[13] 杨学云,古巧珍,马路军,等·坡土磷素淋移的形态研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(5):792—798.
[14] 钟晓英,赵小蓉,鲍华军,等·我国 23 个土壤磷素淋失风险评估 I 淋失临界值[J]. 生态学报, 2004, 24(10):2275—2280.
[15] 张焕朝,张红爱,曹志洪·太湖地区水稻土壤磷素径流流失及其 Olsen 磷的“突变点”[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2004, 28(5):6—10.

Phosphorus accumulation and inorganic phosphorus fractions in greenhouse soils

XU Xiao-feng, MIAO Yan-fang, GUO Da-yong, JIA Xing-na

(College of Agronomy, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: According to Jiang—Gu inorganic phosphorus fractions classification systems, the characteristic of phosphorus accumulation, inorganic phosphorus fractions and bio-availability how to change with vegetable cultivation years in greenhouse soil in Luoyang suburb were studied. The difference between greenhouse and white-corn rotation land were discussed too. The results indicated that while vegetable cultivation years were increased, the total phosphorus of soil was increased too. It was achieved 4.22 g/kg of total phosphorus in 15~17 years greenhouse. Available phosphorus concentration were increased too and it achieved the maximum in 11 years. The most amount phosphorus were accumulated in Ca₂—P、Ca₈—P、Al—P、Fe—P in the first 5 years, and the dominat fraction were Ca₂—P、Ca₈—P. While vegetable cultivation years were increased, the amount of phosphorus accumulated in O—P、Ca₁₀—P were increased. And Ca₁₀—P was the dominant fraction. Others fractions' concentration were decreased while were increased. Vegetable cultivation years had no influence on propotion of calcium combined phosphorus and no calcium combined phosphorus.

Key words: greenhouse soil; phosphorus; accumulation; bio-availability; inorganic phosphorus fractions