

土壤残渣有机质与固定态铵之间的关系*

张崇玉¹ 李生秀²

(1 贵州大学生命科学学院, 贵州花溪 550025)

(2 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 采集了全国不同类型的土壤 40 个, 分析了土壤全氮、有机质、固定态铵、剩余有机质 (KOB_r 处理后的土壤有机质)、残渣有机质 (KOB_r-HF 处理后的土壤有机质) 含量。结果表明, 以 2:1 型粘粒矿物为主土壤的残渣有机质含量与固定态铵含量之间呈极显著正相关 ($r=0.831^{**}$), 晶格之间存在的有机质 (即残渣有机质与剩余有机质之差值) 含量则与固定态铵含量之间也呈极显著正相关 ($r=0.832^{**}$), 而以 1:1 型粘粒矿物为主土壤的残渣有机质含量和晶格有机质含量与固定态铵含量不相关; 土壤剩余有机质、残渣有机质的含量分别为 2.59 g kg^{-1} 、 3.70 g kg^{-1} , 分别占土壤有机质的 10% 和 16%。土壤残渣 C/N 比 (平均值为 16.69) 明显高于原土壤 (平均值为 5.37)。

关键词 固定态铵; 残渣有机质; 剩余有机质; 相关分析
中图分类号 S153.6 **文献标识码** A

关于土壤固定态铵存在的形态问题, 迄今看法不一。众多学者认为这是土壤中具有胀缩性的 2:1 型粘土矿物对 NH_4^+ 的固定; 但也有人认为, 在胀缩性的 2:1 型粘土矿物内表面可能存在着紧束缚态有机氮化物, 这种有机氮化物在与 HF 作用时产生 NH_4^+ [1~4]。Porter 和 Stewart 证明, 这种紧束缚态有机氮化物主要以氨基酸、氨基糖等有机化合物存在 [5]。Freney 的实验发现, 土壤用热的 KOH 处理后其残渣中的有机碳含量和固定态铵含量存在着一定的相关性 ($r=0.59^{**}$), 而残渣中的有机碳含量与总氮含量之间存在着强的相关性 ($r=0.98^{**}$), 他由此推论, 热 KOH 处理后, 残渣中的所有氮可能为有机态 [6]。最近, 我们在探讨低温加热法测定土壤固定态铵时发现, 在温度高于 100 °C、混合酸 ($5 \text{ mol L}^{-1} \text{ HF} + 1 \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$) 加入量大于 10 ml、加热时间大于 3 h 时, 固定态铵测定值远高于 Silva-Bremner 法 [7]。这部分高出的测定值, 是存在于晶格内的固定态铵, 还是存在于晶格内的有机氮化物在混合酸作用时释放出来, 迄今为止尚不知晓。为此, 本研究试图从土壤残渣有机质与固定态铵之间的关系来探讨这一问题。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

土样分别采自陕西、甘肃、新疆、内蒙、河南、北京、吉林、黑龙江、四川、云南、广东、广西、浙江、江苏、湖南、江西、海南、宁夏、西藏等省区。土壤包括红壤、赤红壤、黄棕壤、棕壤、紫色土、乌栅土、黑土、灰漠土、黑土、黄绵土、黑垆土、黄潮土、草甸土、盐渍土、草原土、高山漠土、暗棕壤、黑毡土、淡黑毡土、荒漠萨嘎土和水稻土等表层土壤, 共 40 个。采集的土壤拣去植物根渣、风干、研磨过 100 目筛, 供分析用。土壤基本理化性质见表 1。

1.2 分析方法

1.2.1 土壤剩余有机质测定 土壤剩余有机质指 Silva-Bremner 方法中经次溴酸钾处理后的土壤用重铬酸钾外加热法测定的有机质。具体步骤为: 称取 1.000 0 g 土样于 250 ml 三角瓶内, 加次溴酸钾溶液 20 ml, 静置 2 h。加水 60 ml, 盖上小漏斗, 加热 5 min, 冷却静置过夜。弃去上清液, 用 80 ml $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ KCl}$ 冲洗土样至聚乙烯离心管中, 加盖, 在振荡机上振荡 5 min, 取盖离心, 倾去上清液。再加 80 ml $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ KCl}$, 重复振荡, 离心 1 次, 倾去上清液, 残渣用少量蒸馏水冲洗并转移到硬质玻璃

* 国家自然科学基金重点项目 (30230230)、教育部春晖计划项目 (Z2005-152007) 资助

作者简介: 张崇玉 (1960~), 男, 博士, 教授, 主要从事土壤及作物氮和微量元素方面的研究。E-mail: zchyc600116@sina.com

收稿日期: 2005-06-07; 收到修改稿日期: 2007-01-01

试管中。放在消煮器上蒸发至干,然后用重铬酸 3 m 处,并在马富炉内 600 灼烧 6 h 的红壤作为钾外加热法测定有机质。用采自云南昆明市地下 对照样。

表 1 土壤基本理化性质

Table 1 The basic physico-chemical properties of soils

土号 No.	土壤名称 Soil name	采集地 Location	有机质 OM (g kg ⁻¹)	全氮 Total N (g kg ⁻¹)	C/N	全磷 Total P (g kg ⁻¹)	全钾 Total K (g kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)
1	红壤 Red soil	云南昆明 Yunnan Kunming	4.55	0.425	6.21	1.310	19.00	5.96
2	赤红壤 Latosolic red soil	广东三水 Guangdong Sanshui	19.34	0.790	14.20	0.560	10.20	5.48
3	水稻土 Paddy soil	江苏常熟 Jiangsu Changshu	33.90	1.897	10.37	0.930	16.20	6.00
4	黄绵土 Loessal soil	陕西延安 Shaanxi Yanan	10.69	0.880	7.05	0.860	12.60	7.63
5	水稻土 Paddy soil	江西鹰潭 Jiangxi Yingtan	10.15	0.847	6.95	0.880	10.20	6.54
6	水稻土 Paddy soil	四川邛崃 Sichuan Qionglai	40.39	1.805	12.98	0.510	14.40	6.56
7	灰漠土 Grey desert soil	新疆昌吉 Xinjiang Changji	17.42	1.274	7.93	1.010	16.20	7.98
8	黄壤 Yellow earth	陕西旬阳 Shaanxi Xunyang	5.23	0.770	3.94	0.450	17.20	7.16
9	褐土 Cinnamon soil	陕西杨凌 Shaanxi Yangling	11.83	1.157	5.93	0.970	17.40	7.67
10	褐土 Cinnamon soil	陕西杨凌 Shaanxi Yangling	8.65	0.840	5.97	1.050	13.70	7.53
11	砖红壤 Latosols	云南玉溪 Yunnan Yuxi	2.23	0.350	3.70	0.320	5.20	6.09
12	栗钙土 Castanzem	甘肃兰州 Gansu Lanzhou	21.19	1.293	9.51	1.210	11.38	7.14
13	水稻土 Paddy soil	陕西武功 Shaanxi Wugong	15.40	0.567	15.75	0.560	21.20	7.35
14	水稻土 Paddy soil	江西安福 Jiangxi Anfu	20.00	1.284	9.03	0.400	14.20	4.90
15	草甸土 Meadow soil	新疆农九师 Xinjiang Nongjiushi	278.0	10.70	15.08	1.020	8.40	6.73
16	水稻土 Paddy soil	海南琼山 Hainan Qiongshan	44.82	1.860	13.98	0.590	2.20	4.64
17	水稻土 Paddy soil	湖南长沙 Hunan Changsha	25.26	1.730	8.47	0.590	15.80	6.28
18	水稻土 Paddy soil	浙江宁海 Zhejiang Ninghai	23.55	1.730	7.90	0.560	7.40	5.87
19	水稻土 Paddy soil	广西北海 Guangxi Beihai	35.43	1.872	10.98	0.560	2.80	5.29
20	褐土 Cinnamon soil	北京海淀 Beijing Haidian	25.28	1.212	12.10	1.290	9.60	7.07
21	赤红壤 Latosolic red soil	广东博罗 Guangdong Boluo	13.22	0.660	11.62	0.040	3.20	4.61
22	潮土 Cinnamon soil	北京海淀 Beijing Haidian	21.44	1.214	10.24	0.960	9.20	7.06
23	棕壤 Brown earth	辽宁沈阳 Liaoning Shenyang	14.15	1.180	6.96	0.330	8.60	6.96
24	黑土 Black soil	黑龙江黑河 Heilongjiang Heihe	25.28	1.445	10.15	1.040	11.00	5.73
25	赤红壤 Latosolic red soil	广东博罗 Guangdong Boluo	17.62	1.120	9.13	1.280	6.40	6.02
26	高山草原土 Alpine steppe soil	新疆昌吉 Xinjiang Changji	33.33	3.620	5.34	0.870	17.00	7.72
27	紫色土 Purplis soil	四川资阳 Sichuan Ziyang	6.32	0.926	3.96	1.320	22.80	7.20
28	黄棕壤 Yellow-brown soil	南京江宁 Nanjing Jiangning	24.10	1.622	8.62	0.470	13.20	6.19
29	黑土 Black soil	吉林长春 Jilin Changchun	15.60	1.552	5.83	1.040	11.00	5.68
30	漠嘎土 Desert saka soil	西藏那曲 Tibet Naqu	7.30	0.892	4.75	0.670	19.80	7.26
31	潮土 Cinnamon soil	河南新乡 Henan Xinxiang	13.00	0.887	8.50	0.300	9.20	7.18
32	淡黑毡土 Light dark felty soil	西藏郎县 Tibet Longxian	14.20	0.973	8.47	0.400	13.20	6.55
33	暗棕壤 Black-brown soil	西藏嘉黎 Tibet Jiali	57.40	5.492	6.06	0.570	11.80	5.83
34	寒漠土 Alpine desert soil	西藏日土 Tibet Ritu	6.30	0.618	8.79	0.820	10.20	8.53
35	灰钙土 Sierozem soil	内蒙集宁 Inner Mongolia Jining	16.00	1.056	8.79	1.110	10.60	7.62
36	红壤 Red soil	云南玉溪 Yunnan Yuxi	8.72	0.330	15.33	0.540	11.60	5.45
37	黑垆土 Heilu soil	陕西长武 Shaanxi Changwu	14.70	1.000	8.53	0.830	16.80	7.12
38	黄绵土 Loessal soil	宁夏固原 Ningxia Guyuan	23.37	1.513	8.96	0.370	14.20	7.41
39	褐土 Cinnamon soil	陕西渭南 Shaanxi Weinan	10.90	0.794	7.96	0.900	15.60	7.84
40	黑毡土 Dark felty soil	西藏丁青 Tibet Dingqing	113.8	4.377	15.08	0.670	18.20	5.25

1.2.2 土壤残渣有机质测定 土壤残渣有机质指用 Silva-Bremner 方法处理土样,并蒸去酸液,然后用重铬酸钾外加热法测定的有机质。具体步骤如下:称 1.000 0 g 土样于 250 ml 三角瓶内,加次溴酸钾溶液 20 ml,静置 2 h。加水 60 ml,盖上小漏斗,加热 5 min,冷却静置过夜。弃去上清液,用 80 ml 0.5 mol L^{-1} KCl 冲洗土样至聚乙烯离心管中,加盖,在振荡机上振荡 5 min,取盖离心,倾去上清液。再加 80 ml 0.5 mol L^{-1} KCl,重复振荡、离心一次,倾去上清液。然后加 20 ml 5 mol L^{-1} HF 和 1 mol L^{-1} HCl 混合酸,加盖,在振荡机上振荡 24 h。将离心管内容物完全转移到硬质试管中,放在消煮器上蒸发至干,然后用重铬酸钾外加热法测定其残渣中的有机质。

1.2.3 土壤全氮、有机质和固定态铵测定 土壤全氮用开氏法测定,土壤有机质用重铬酸钾外加热法测定^[8]。固定态铵用 Silva-Bremner 方法测定^[9]。

2 结果与分析

要探讨土壤残渣有机质与固定态铵之间的关系,必须从土壤固定态铵的测定方法入手。目前普遍采用的方法是 Silva-Bremner 法^[9]。有人曾用热的 KOH 处理土壤中的不稳定有机氮化物^[10]。Frenay 用热的 KOH 处理土壤,发现澳大利亚土壤残渣中存在着有机碳,而且这种有机碳与固定态铵之间存在着一定的相关性^[6]。后来, Bremner 用 KOBr-KOH 代替热的 KOH,并证明 KOBr-KOH 较热的 KOH 更为有效地去除有机氮化物。用有机质含量高达 150 g kg^{-1} 的土壤试验证明, 96% ~ 99% 的有机氮可以用这种方法除去^[11]。然而,影响 Silva-Bremner 法准确性的因素之一可能是在土壤硅酸盐的晶格中存在着不稳定的有机氮化物,这些有机氮化物不能被 KOBr-KOH 预处理去除,但在 HF 处理中能分解而释放出铵。

要证明这种可能性是否存在,首先要考虑应用 Silva-Bremner 法测定固定态铵时, KOBr-KOH 能否完全除去土壤不稳定有机氮化物? 这可以通过测定 KOBr-KOH 处理过的土壤残渣是否含有有机质而证明。如果存在有机质(本文称剩余有机质),说明热的 KOBr-KOH 处理土壤有机质不完全。其次要考察 KOBr-KOH 处理土样之后,用 5 mol L^{-1} HF 和 1 mol L^{-1} HCl 处理的残渣是否存在有机质(本文称

残渣有机质)。在此基础上,可以分析这两种有机质与固定态铵之间的关系。

2.1 土壤剩余有机质与固定态铵的关系

为了验证 KOBr-KOH 能否完全除去有机质,我们用重铬酸钾外加热法测定了 KOBr-KOH 处理后土壤的有机质含量。结果表明(表 2),除 21 号的赤红壤未检测到有机质外,其余土壤不同程度含有剩余有机质,其中 15 号的草甸土尤为突出,含量高达 20.39 g kg^{-1} ,较一般土壤的有机质含量还高,这可能与该土壤含丰富的有机质有关。草甸土的有机质含量为 278 g kg^{-1} ,远高于一般土壤,用 KOBr-KOH 处理后,尚有 7.3% 的剩余有机质未能除去。其他土壤也有类似的情况,土壤剩余有机质的平均含量为 2.59 g kg^{-1} ,占土壤有机质的 10.8%,个别土壤的这种数值竟达 46%(如 36 号的红壤)。从土壤剩余有机质平均值来看, KOBr-KOH 方法最多只能除去土壤中 90% 左右的有机质。

土壤剩余有机质的存在是否对固定态铵的测定产生影响,可通过相关分析来剖析。如果土壤剩余有机质与固定态铵之间无相关,说明剩余有机质不含有氮或含有极少量氮,其存在不会影响 Silva-Bremner 法对固定态铵的测定;反之,则证明其对 Silva-Bremner 法测定固定态铵有影响。相关分析表明(图 1),土壤剩余有机质含量与固定态铵含量之间存在着显著正相关性($r = 0.328^*$)。这充分表明土壤剩余有机质含量直接影响了土壤固定态铵含量的测定。

2.2 土壤残渣有机质与固定态铵的关系

表 2 给出了不同土壤残渣中有机质的含量。从表 2 中可看出,几乎所有土壤残渣有机质含量高于剩余有机质含量,其值在 $0 \sim 26 \text{ g kg}^{-1}$ 之间,平均值为 3.7 g kg^{-1} ,较剩余有机质高 1.1 g kg^{-1} ,高出的这部分有机质可能是 HF 的作用效果。由于残渣有机质高于剩余有机质,因而残渣有机质占土壤有机质的份额也高(16.0%)。Silva-Bremner 法仅能去除土壤中 84% 的有机质。由此可以说明, KOBr-KOH 去除有机氮化物的效果并不像 Bremner 所说的那么有效。那么,土壤残渣有机质含量是否对固定态铵含量的测定产生影响? 相关分析结果表明,二者之间存在着极显著正相关($r = 0.410^{**}$),如图 2 所示。

表2 土壤剩余有机质、残渣有机质和固定态铵含量

Table 2 Content of remaining organic matter ,residual organic matter and fixed ammonium in soils

土号	剩余有机质	残渣有机质	剩余有机质/ 有机质	残渣有机质/ 有机质	残渣有机质 - 剩余有机质	残渣 C/N	固定态铵
No	Rem. OM (g kg ⁻¹)	Resi. OM (g kg ⁻¹)	Rem. OM/ OM (%)	Resi. OM/ OM (%)	Rem. OM - Resi. OM (g kg ⁻¹)	Resi. C/N	Fixed NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)
1	1.12	2.18	24.62	47.91	1.06	7.35	172
2	0.81	2.78	4.18	14.37	1.97	7.79	207
3	4.07	11.30	12.01	33.33	7.23	20.17	325
4	2.29	2.90	21.42	27.13	0.61	13.46	125
5	0.99	1.55	9.72	15.27	0.56	11.24	80
6	9.80	10.24	24.26	25.35	0.44	29.26	203
7	2.90	3.89	16.65	22.33	0.99	12.07	187
8	1.05	1.14	20.08	21.80	0.09	3.61	183
9	1.79	5.00	15.13	42.27	3.21	15.94	182
10	1.06	2.18	12.25	25.20	1.12	10.28	123
11	0.38	0.42	17.04	18.83	0.04	4.68	52
12	6.94	7.92	32.75	37.38	0.58	33.53	137
13	1.37	2.59	8.90	16.80	1.22	7.74	194
14	1.08	1.67	5.40	8.36	0.59	11.96	81
15	20.39	25.99	7.33	9.35	5.60	54.62	276
16	2.71	3.21	6.04	7.16	0.50	93.10	22
17	3.18	3.66	12.59	14.49	0.48	12.97	161
18	1.54	1.84	6.53	7.81	0.30	18.40	58
19	1.67	2.35	4.71	6.63	0.68	130.60	18
20	4.49	5.31	17.76	21.00	0.82	16.21	190
21	0	0	0	0	0	—	38
22	2.78	3.43	12.97	16.00	0.65	12.67	157
23	1.42	2.07	10.04	14.63	0.65	6.53	184
24	2.63	3.76	10.40	14.87	1.13	9.48	161
25	0.07	0.86	0.40	4.88	0.79	6.57	76
26	3.00	5.05	9.00	15.15	2.05	15.42	190
27	0.44	0.82	6.96	1.30	0.38	1.32	360
28	2.41	3.72	10.00	15.44	1.31	10.52	205
29	4.38	4.97	28.08	31.86	0.59	13.60	212
30	0.69	1.03	9.45	14.11	0.34	2.24	266
31	0.56	1.63	4.31	12.54	1.07	5.14	184
32	0.81	0.92	5.70	6.48	0.11	2.18	245
33	6.49	8.74	11.31	15.23	2.25	19.50	260
34	0.56	1.00	8.89	15.87	0.44	4.42	131
35	0.69	1.22	4.31	7.50	0.53	5.13	138
36	0.63	1.06	2.11	3.56	0.43	9.18	67
37	0.56	1.16	3.81	7.89	0.60	3.64	205
38	0.95	1.42	4.06	6.08	0.47	5.84	141
39	0.56	1.16	5.14	10.64	0.60	3.38	199
40	4.37	5.65	3.84	4.96	1.28	13.94	235

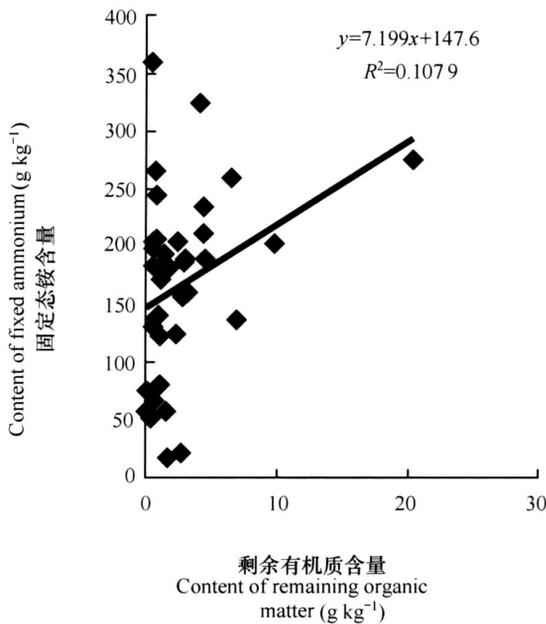


图1 剩余有机质与固定态铵的关系

Fig. 1 Relationship between remaining organic matter and fixed ammonium

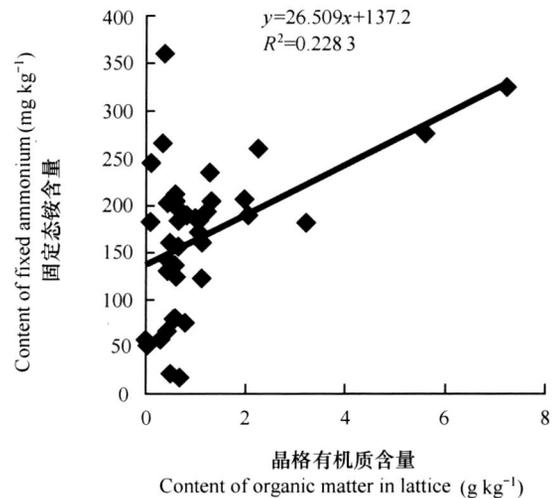


图3 晶格有机质与固定态铵的关系

Fig. 3 Relationship between organic matter in lattices and fixed ammonium

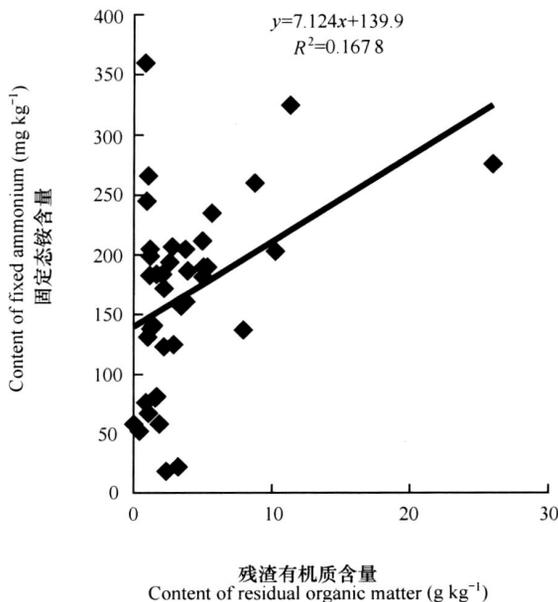


图2 残渣有机质与固定态铵的关系

Fig. 2 Relationship between residual organic matter and fixed ammonium

2.3 晶格有机质与固定态铵的关系

土壤残渣有机质一部分是来自 $\text{KOH}-\text{KOH}$ 未完全去除的有机质;另一部分则是存在于粘土矿物晶格内的有机质,是在 HF 处理过程中将硅酸盐矿物破坏而释放出来所增加的部分,可以用残渣有机质

与剩余有机质之差来表征。由于各个土样中的残渣有机质和剩余有机质变化较大,二者之差值千差万别,最小者 0.04 g kg^{-1} ,最高者 7.23 g kg^{-1} ,平均值为 1.10 g kg^{-1} ,约占土壤有机质的 5%。土壤晶格有机质含量与固定态铵含量相关分析(图 3)表明,二者之间呈极显著正相关($r = 0.478^{**}$)。

3 讨论

通过以上分析可以看出,虽然土壤剩余有机质、残渣有机质和晶格有机质含量与固定态铵含量之间呈现显著相关或极显著正相关,但相关系数均较低。是否与土壤的粘粒矿物类型有关呢?为此,按照土壤的矿物类型,将以 2:1 型矿物为主的土壤和以 1:1 型粘粒矿物为主的土壤分别进行了分析。结果表明,对于以 2:1 型粘粒矿物为主的土壤,土壤剩余有机质含量与固定态铵含量不相关($r = 0.476$),而残渣有机质和晶格有机质含量与固定态铵含量之间呈极显著正相关,相关系数分别为 0.831 和 0.832,见图 4、图 5 和图 6。对于以 1:1 型粘粒矿物为主的土壤,土壤剩余有机质、残渣有机质和晶格有机质含量与固定态铵含量之间不相关或呈现负相关,相关系数分别为 -0.636 、 -0.542 和 0.088 。

从土壤残渣有机质和晶格有机质的测定结果来考察,以 2:1 型粘粒矿物为主土壤的残渣有机质平均为 3.56 g kg^{-1} ,晶格有机质为 1.43 g kg^{-1} ,均较以

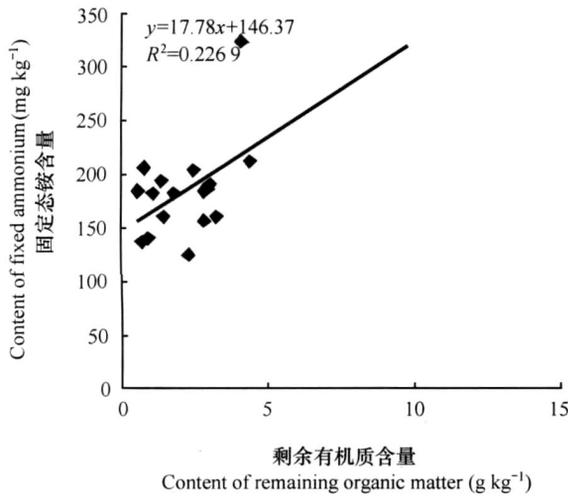


图4 含2:1型粘粒矿物剩余有机质与固定态铵关系

Fig. 4 Relationship between remaining organic matter and fixed ammonium in soil containing 2:1 clay mineral

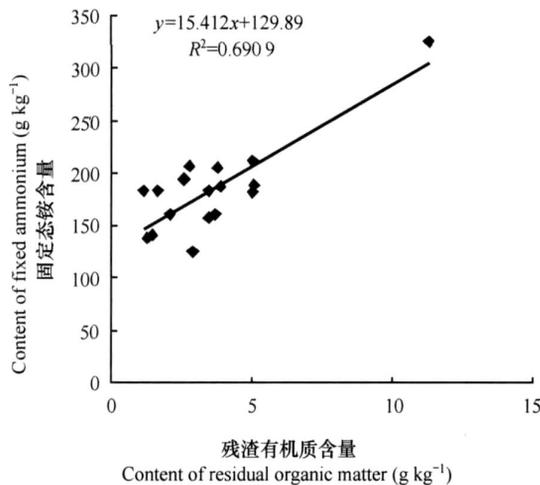


图5 含2:1型粘粒矿物土壤残渣有机质与固定态铵的关系

Fig. 5 Relationship between residual organic matter and fixed ammonium in soil containing 2:1 clay mineral

1:1型粘粒矿物为主土壤的残渣有机质(1.45 g kg^{-1})和晶格有机质(0.45 g kg^{-1})高。由此说明以1:1型粘粒矿物为主土壤中对有机质固定的较少,对固定态铵的测定不产生影响。相反,以2:1型粘粒矿物为主的土壤不仅固定 NH_4^+ ,而且固定有机质,尤其是含氮的小分子化合物如氨基酸和氨基糖,这些有机氮化物在 HF 作用下,释放出 NH_4^+ ,使固定态铵测定值偏高。由于土壤中的粘土矿物既存在 NH_4^+ ,也存在有机氮化物,而且这些有机氮化物又无法提取出来并对其中的氮加以定量,因而无法确定这些有机氮化物对固定态铵的影响程度。但是可以肯定,

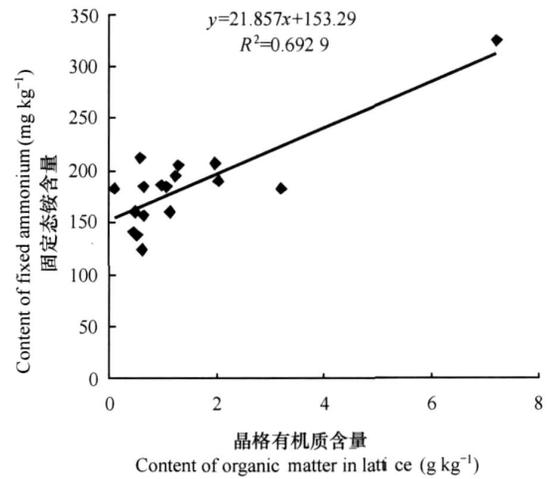


图6 含2:1型粘粒矿物土壤晶格有机质与固定态铵的关系

Fig. 6 Relationship between organic matter in soil containing 2:1 clay mineral

土壤中所固定的这些有机氮化物不同于土壤中的有机质,残渣的C/N比平均为16.69,而土壤的C/N比为5.37。

4 结论

1) 用 KOH - KOH 去除土壤中的有机质是不完全的,几乎所有土壤含有剩余有机质。剩余有机质平均含量为 2.59 g kg^{-1} ,约占土壤有机质的10%;

2) 所测土壤的残渣有机质含量高于剩余有机质,平均为 3.70 g kg^{-1} ,占土壤有机质的16%,其中以2:1型粘粒矿物为主土壤的残渣有机质与固定态铵之间存在着极显著正相关性,相关系数为0.831,这类土壤的残渣有机质含量的多少就决定了固定态铵含量的高低,而以1:1型粘粒矿物为主土壤的残渣有机质含量与固定态铵含量不相关,因此其对固定态铵测定的影响就不确定;

3) 土壤残渣有机质与剩余有机质之差为晶格内固定的有机质,其平均含量为 1.11 g kg^{-1} ,占土壤有机质的5%,以2:1型粘粒矿物为主的土壤的晶格有机质含量与固定态铵含量之间存在着极显著正相关,相关系数为0.832;

4) 以2:1型粘粒矿物为主的土壤残渣中不仅含有固定的 NH_4^+ ,而且含有固定的有机氮化物。

参考文献

- [1] 文启孝,程励励,陈碧云.我国土壤中的固定态铵.土壤学报,2000,37(2):145~156. Wen Q X, Cheng L L, Chen B Y. Fixed am

- monium in soils of China (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2000, 37(2):145~156
- [2] 庄作权,陈鸿基,樊小林.台湾土壤铵固定的研究.西北农业大学学报,1997,25(4):33~37. Zhuang Z Q, Chen H J, Fan X L. The study of fixation of ammonium in soils of Taiwan (In Chinese). *Acta Universitatis Agriculturae Boreali-occidentalis*, 1997, 25(4):33~37
- [3] 李忠佩,程励励,文启孝.黄淮海平原土壤中的固定态铵.土壤通报,1992,23(5):200~202. Li Z P, Cheng L L, Wen Q X. Fixed ammonium in soils of the Huang Huai Hai Plain (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 1992, 23(5):200~202
- [4] 赵明宇,韩晓日,郭鹏程.不同施肥条件下土壤固定态铵含量的动态变化.土壤通报,1996,27(2):79~81. Zhao M Y, Han X R, Guo P C. Dynamic changes of fixed ammonium in soils on different condition of fertilization (In Chinese). *Chinese Journal of Soil Science*, 1996, 27(2):79~81
- [5] Porter L, Stewart B. Organic interferences in the fixation of ammonium by soil and clay minerals. *Soil Sci.*, 1970, 109:229~233
- [6] Frerny D. An evaluation of naturally occurring fixed ammonium in soil. *J. Agr. Sci.*, 1964, 63:297~303
- [7] 张崇玉,李生秀.低温加热法测定土壤中的固定态铵.中国农业科学,2005,38(3):634~638. Zhang C Y, Li S X. Determination of fixed ammonium in soils using low-temperature heating method (In Chinese). *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(3):634~638
- [8] 中国科学院南京土壤研究所主编.土壤理化分析.上海:上海科学技术出版社,1980. 33~50. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, ed. *Soil Physical-Chemical Analysis (In Chinese)*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1980. 33~50
- [9] Silva J, Bremner J. Determination and isotope-ratio analysis of different forms nitrogen and ammonium in soil: 5. Fixed ammonium. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1966, 30:587~594
- [10] Stevenson F, Kidder G, Tilo T. Extraction of organic nitrogen and ammonium from soil with hydrofluoric acid. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1967, 31:71~76
- [11] Bremner J, Harada T. Release of ammonium and organic matter from soil by hydrofluoric acid and effect of soil organic matter by neutral and alkaline reagents. *J. Agr. Sci.*, 1959, 52:137~147

RESIDUAL ORGANIC MATTER AND FIXED AMMONIUM IN SOILS

Zhang Chongyu¹ Li Shengxiu²

(1 College of Life Science, Guizhou University, Huaxi, Guizhou 550025, China)

(2 College of Resources and Environmental Sciences, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forest, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract A total of 40 soils samples of different soil types from all over the country were analyzed for total N, organic matter, fixed ammonium, remaining organic matter (OM in the soil after treatment with KBO_r), and residual organic matter (OM in the soil after treatment with KBO_r-HF). Results show that in soils containing 2:1 clay minerals, residual organic matter is closely related to fixed ammonium in soil at an extremely significant level ($r=0.831^{**}$), and the organic matter existing in lattice is at a significant level ($r=0.832^{**}$), while in soils containing 1:1 clay minerals neither residual organic matter or lattice organic matter are related to fixed ammonium. The mean content of the remaining organic matter and residual organic matter in the 40 soils samples was 2.59 g kg⁻¹ and 3.70 g kg⁻¹, accounting for 10% and 16%, respectively of the organic matter in the soils.

Key words Fixed ammonium; Residual organic matter; Remaining organic matter; Correlation analysis