

湖南省主要旱耕地土壤的固定态铵含量及其影响因素*

万大娟 张杨珠 冯跃华 黄运湘

(湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128)

FIXED AMMONIUM CONTENT OF SOILS ON CULTIVATED UPLAND
IN HUNAN PROVINCE AND ITS AFFECTING FACTORS

Wan Dajuan Zhang Yangzhu Feng Yuehua Huang Yunxiang

(College of Resource and Environment Science, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

关键词 湖南省; 旱地; 固定态铵; 影响因素

中图分类号 S151.9

文献标识码

A

NH_4^+ 的矿物固定与释放是土壤氮素内循环中的重要环节, 它在一定程度上影响着施入土壤中 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的转化途径^[1,2]。对土壤矿物固定态铵的研究在国外主要是对温带地区旱地土壤和自然土壤的研究, 国内则主要限于华北和西北地区旱地土壤及不同气候区的代表性地带性土壤的研究, 但对某一地区范围内的代表性农业土壤固定态铵的研究则少见报道。湖南省地处中亚热带湿润气候区, 是我国的农业大省, 据全省第二次土壤普查, 旱地土壤面积为 $75\ 68\ 10^4\ \text{hm}^2$, 占总耕地面积的 21.55%^[3]。该区约有 63% 的旱地土壤全氮含量在 $0.75\sim 1.5\ \text{g}\ \text{kg}^{-1}$, 缺氮和严重缺氮面积占 18.57%, 旱地土壤的氮素肥力水平成为影响该区农业生产力的主要因素。目前, 对这些由不同母质发育的旱地土壤矿物固定态铵的研究还未见报道。因此, 本文对湖南省旱地土壤的固定态铵含量及其影响因素进行了研究, 旨在了解该区旱地土壤固定态铵对氮素肥力的贡献, 同时为指导调控土壤供氮状况、合理施用氮肥、提高氮肥肥效提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试土样

采集湖南省有代表性的不同母质发育的旱地土

壤耕层样品和剖面分层样品(按土壤深度 0~20 cm、20~40 cm、40~75 cm 分层取样), 土样风干、去除植物残体及其它侵入体后分别过 10 目、60 目、100 目筛备用, 其基本性状如表 1 所示。

1.2 分析方法

固定态铵采用 Silva-Bremner 法; 全氮采用开氏消煮法; CEC 采用乙酸铵法(酸性土)和氯化铵-乙酸铵法(碱性土); 机械分析采用比重计法进行测定^[4]。

2 结果与分析

2.1 耕层土壤的固定态铵含量

研究表明(表 1), 在耕层土壤中, 固定态铵含量(绝对含量)最高值为 $451.5\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$, 最低值为 $48.3\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$, 平均 $232.2\ 97.3\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$ 。不同土类的固定态铵含量不一。供试土样中有 87.1% 的土壤固定态铵绝对含量 $> 150\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$, $< 150\ \text{mg}\ \text{kg}^{-1}$ 的土壤占 12.9%。因而, 本区土壤中固定态铵含量较为可观, 是一项重要的土壤氮素资源。

供试土壤固定态铵占全氮含量的百分数(相对含量)最高值为 60.1%, 最低值为 4.6%, 平均 22.8%~13.3%。如表 1 所示, 土壤固定态铵的相对含量也因土类不同而异。供试土样中有 87.1%

* 湖南省农业综合开发办公室农业综合开发基金资助项目的部分内容

通讯作者, 联系电话: 13786178369

作者简介: 万大娟(1975~), 女, 湖南省安乡县人, 湖南农业大学土壤学硕士研究生, 现为中山大学在读博士生

收稿日期: 2003-01-09; 收到修改稿日期: 2003-09-10

的土壤固定态铵相对含量 > 15%, < 15% 的土壤占 12.9%。由此可知, 土壤固定态铵是该区旱地土壤

氮素的一种重要形态, 它在土壤氮素中的相对含量要高于该区水稻土^[5]。

表 1 供试耕层土壤基本性状及其固定态铵含量

土壤编号	土类	成土母质	全氮 (g kg ⁻¹)	CEC ($\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$)	粘粒(g kg ⁻¹)		固定态铵含量 (mg kg ⁻¹)	固定态铵/全 氮含量(%)
					< 0.01 mm	< 0.001 mm		
0201	筒育湿润锥形土	板岩风化物	1.49	14.4	606.2	117.1	435.7	29.2
0202	筒育湿润锥形土	板岩风化物	1.27	7.4	605.1	157.9	110.2	8.1
0229	筒育湿润富铁土	砂岩风化物	1.47	13.9	468.5	139.5	59.4	4.6
0203	筒育湿润富铁土	花岗岩风化物	1.36	10.6	308.3	137.4	87.2	4.7
0204	筒育湿润富铁土	花岗岩风化物	1.30	10.1	258.9	136.9	303.9	57.3
0205	筒育湿润富铁土	花岗岩风化物	0.96	10.4	339.6	96.7	251.3	26.5
0206	筒育湿润富铁土	花岗岩风化物	1.87	10.1	289.0	117.3	242.9	21.1
0210	紫色湿润锥形土	紫色砂砾岩风化物	0.53	24.3	325.7	80.3	188.7	17.0
0211	紫色湿润锥形土	紫色砂砾岩风化物	0.95	22.0	469.2	163.5	282.5	60.1
0212	紫色湿润锥形土	紫色砂砾岩风化物	1.15	18.5	450.2	35.6	296.0	35.7
0213	紫色湿润锥形土	紫色砂砾岩风化物	1.18	21.9	471.7	164.3	275.2	18.5
0216	紫色正常新成土	紫色砂页岩风化物	0.47	15.2	367.8	63.8	217.8	45.4
0217	紫色正常新成土	紫色砂页岩风化物	0.83	17.6	257.2	78.8	178.2	29.2
0214	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	1.04	20.3	497.7	144.6	177.9	31.8
0215	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	1.11	23.3	355.1	166.8	279.9	18.5
2016	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	0.48	16.5	386.2	165.5	265.5	16.8
2017	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	0.61	16.2	208.0	132.3	331.1	18.8
2018	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	0.56	12.3	201.1	129.1	322.7	17.8
0226	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	0.98	11.6	616.0	265.2	333.1	17.9
0227	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	0.87	9.7	508.4	159.8	150.0	15.3
0228	钙质湿润锥形土	石灰岩风化物	0.87	10.9	594.5	348.4	150.5	17.3
0218	淡色潮湿锥形土	河流冲积物	1.49	9.1	527.3	117.9	159.7	18.4
0219	淡色潮湿锥形土	河流冲积物	1.51	9.7	529.6	139.2	249.5	17.0
0220	淡色潮湿锥形土	河流冲积物	1.58	10.1	445.1	122.1	172.8	16.5
0221	淡色潮湿锥形土	河流冲积物	1.35	8.9	466.2	69.4	451.5	35.6
0222	潮湿冲积新成土	湖积物	1.76	17.4	546.7	211.2	48.3	5.0
0223	潮湿冲积新成土	湖积物	1.81	16.9	530.7	192.0	235.0	19.9
0224	潮湿冲积新成土	湖积物	1.86	17.5	557.9	108.5	171.9	16.5
0225	潮湿冲积新成土	湖积物	1.13	15.3	654.0	254.1	272.6	20.2
0230	粘化湿润富铁土	第四纪红土	1.03	6.1	616.0	191.4	329.7	29.2
2010	粘化湿润富铁土	第四纪红土	1.05	12.1	532.4	160.8	168.6	16.4

2.2 土壤固定态铵含量的剖面分布

研究表明, 土壤剖面固定态铵绝对含量平均为: 表层 239.7 mg kg⁻¹、亚表层 241.6 mg kg⁻¹、表

下第三层 275.0 mg kg⁻¹。各供试土壤固定态铵的剖面分布如图 1~ 图 7, 一般情况下, 在土壤剖面中, 固定态铵含量在 0~ 40cm 范围内基本上无明显变化,

在40cm以下变化较明显,大部分土壤明显升高,但也有少数土壤无明显变化。这可能主要与该地区旱地土壤所处的气候条件及耕作施肥情况有关:由于该地区旱地土壤在耕作过程中施肥较少,表土中粘粒和养分不断下移,从而又形成了从上到下固定态铵含量升高的分布模式。

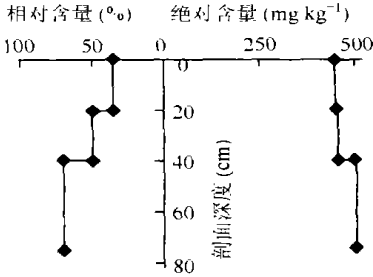


图1 筒育湿润锥形土剖面中固定态铵的含量

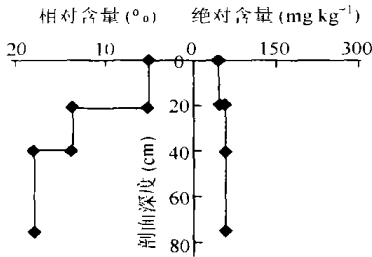


图2 筒育湿润富铁土剖面中固定态铵的含量

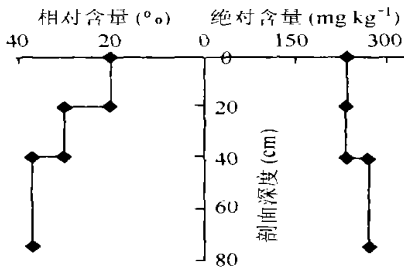


图3 紫色湿润锥形土剖面中固定态铵的含量

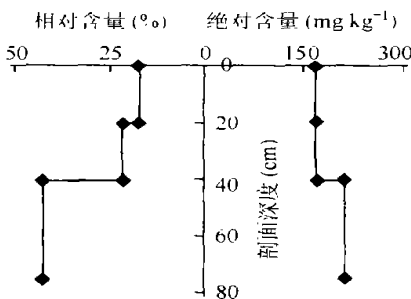


图4 钙质湿润锥形土剖面中固定态铵的含量

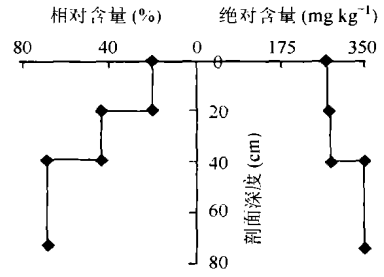


图5 淡色潮湿锥形土剖面中固定态铵的含量

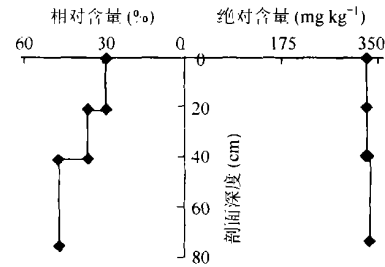


图6 潮湿冲积新成土剖面中固定态铵的含量

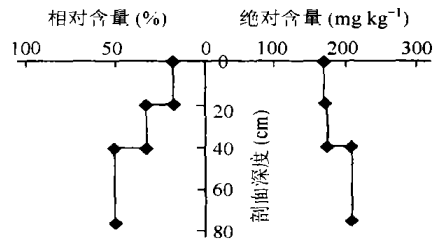


图7 粘化湿润富铁土剖面中固定态铵的含量

土壤剖面中固定态铵的相对含量平均为:表层 20.6%、亚表层 32.4%、表下第三层 48.2%。如图1~图7所示,剖面土壤固定态铵的相对含量随剖面深度增加而恒增大。这是由于虽然土壤固定态铵在剖面中的变化不大,但土壤全氮含量随剖面深度增加而降低,因而导致土壤固定态铵占全氮含量的百分数增大。由此可见,土壤固定态铵不仅对浅根系作物的氮素营养有重要意义,对深根系作物的氮素营养则可能意义更为重要。

2.3 影响土壤中固定态铵含量的因素

2.3.1 土壤的粘粒含量 通过进行相关分析,供试耕层土壤中固定态铵与< 0.01 mm 粘粒含量呈 $p < 0.01$ 水平下的极显著正相关关系($r = 0.460^{**}$, $n = 31$),其中主要与 0.005~ 0.01 mm 呈 $p < 0.05$ 水平下的显著正相关关系($r = 0.402^*$, $n = 31$),与 0.001~

0.005 mm 粘粒含量呈 $p < 0.01$ 水平下的极显著正相关关系 ($r = 0.469^{**}$, $n = 31$), 而与 < 0.001 mm 粘粒含量相关性不显著。由此可见, 土壤中的固铵基质主要分布在 $0.001 \sim 0.01$ mm 粘粒中, 这与我们过去的研究结果一致^[5]。

2.3.2 土壤阳离子交换量 研究表明, 土壤固定态铵含量与阳离子交换量呈 $p < 0.05$ 水平的显著正相关关系 ($r = 0.366^*$, $n = 30$)。这是由于阳离子交换量主要与土壤粘土矿物组成有关, 只有组成以 2:1 型粘土矿物为主的土壤才具有较大的阳离子交换量, 因此也就有较大的固铵能力。

2.3.3 成土母质与粘土矿物组成 由表 1 可知, 各土类的固定态铵含量差异很大, 主要因成土母质不同而异, 以板岩风化物发育而来的筒育湿润锥形土固定态铵含量最高, 而花岗岩风化物发育而来的筒育湿润富铁土固定态铵含量最低, 这也主要与土壤粘土矿物组成不同有关^[6,7]。据研究结果表明^[3], 供试土壤的主要粘土矿物组成各有差异。由板岩风化物、紫色砂页岩风化物以及河湖冲积物发育而来的土壤, 粘土矿物中水云母、蛭石和蒙脱石等 2:1 型粘土矿物含量较其它风化物发育的土壤高, 因此其固定态铵含量较高; 而花岗岩风化物、石灰岩风化物以及第四纪红色粘土发育而来的土壤, 粘土矿物以高岭石等 1:1 型矿物为主, 且少含蛭石、蒙脱石等 2:1 型粘土矿物, 因而其固定态铵含量较低。

3 讨 论

土壤固定态铵是指被镶嵌于土壤中 2:1 型层状铝硅酸盐粘土矿物层间的双三角形洞穴中的铵离子。它与土壤溶液中的交换性铵以及其它形态的氮素保持着动态平衡^[8,9], 而且随土壤溶液中交换性铵含量和浓度的变化而变化, 如施用铵态氮后, 土壤固定态铵含量随土壤中铵离子浓度的升高而增大^[10,11]。因此土壤固定态铵的研究对于了解土壤氮素循环, 调控土壤供氮特性以及指导合理施用氮

肥, 防止氮素环境污染均有重要意义。

位于中亚热带地区的湖南省主要成土母质发育的旱地土壤中, 耕层土壤固定态铵含量为 $48.3 \sim 451.5 \text{ mg kg}^{-1}$, 占土壤全氮的 $4.6\% \sim 60.1\%$, 因而土壤固定态铵是该地区旱地土壤氮素的重要组成部分, 是一项重要的土壤氮素资源。一般情况下, 土壤剖面中固定态铵含量在 $0 \sim 40$ cm 范围内变化不大, 40 cm 以下升高; 固定态铵含量占土壤全氮的百分比则随剖面深度增大而恒增大。影响土壤固定态铵含量的因素主要有土壤阳离子交换量、粘粒含量、成土母质与粘土矿物组成。而土壤粘土矿物组成及粘粒含量是影响土壤固定态铵含量的主要因素, 因此所有与土壤粘粒矿物组成和含量有关的因素都有可能影响土壤固定态铵的含量。

参 考 文 献

- [1] 文启孝, 张晓华. 土壤中的固定态铵. 见: 中国土壤学会土壤农业化学专业委员会, 土壤生物和生物化学专业委员会编, 我国土壤氮素研究工作的现状与展望. 北京: 科学出版社, 1986. 34~45
- [2] 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
- [3] 湖南省农业厅编著. 湖南土壤. 北京: 农业出版社, 1989
- [4] 中国土壤学会编. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [5] 张杨珠, 廖继佩, 李法云, 等. 湖南主要类型稻田土壤固定态铵含量及其影响因素. 应用生态学报, 2002, 13(6): 693~697
- [6] Feigin A, Yaalon D H. Non-exchangeable ammonium in soils of israel and its relation to clay and parent materials. Soil Sci., 1974, 25(3): 384~397
- [7] 钱晓晴, 封克, 汤炎, 等. 不同粒级土粒固定态铵的初步研究. 土壤肥料, 1996, (5): 6~8
- [8] 朱兆良. 土壤氮素. 土壤, 1982, 14(3): 116~119
- [9] 李生秀, 田宵鸿, 王喜庆, 等. 土壤中非代换铵的行为. 非代换铵含量与其它形态氮素的关系. 西北农业大学学报, 1991, 19(4): 18~23
- [10] Juang T C, Wang M K, Chen H J, et al. Ammonium fixation by surface soils and clays. Soil Sci., 2001, 166(5): 345~352
- [11] Liang B C, Mackenzie B C. Fertilization rates and clay fixed ammonium in two Quebec soils. Plant Soil, 1994, 163: 103~109