

添加碳源、磷和石灰对红壤氮素矿化和硝化作用的影响^①

李辉信 胡锋 郭和生

(南京农业大学资源与环境学院 南京 210095)

蔡贵信^② 范晓晖

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要 用培养试验研究了添加碳源、磷和石灰石粉对第四纪红色粘土及红砂岩母质上发育的不同侵蚀程度的红壤以及经培肥后红壤的矿化和硝化作用的影响。结果表明:上述 3 个因子对矿化作用的影响较大,添加碳源表现出土壤矿质氮的净生物固持;在低磷红壤上增施磷能有效地促进红壤氮素的矿化;添加石灰石粉也能有效地促进 pH 较低的红壤氮素的矿化。培肥后的红壤矿化和硝化作用明显增强,添加磷和石灰石粉进一步促进了培肥红壤矿化率和硝化率的提高。但施用石灰石粉和磷并未提高未经培肥的侵蚀红壤的硝化作用。

关键词 红壤;矿化作用;硝化作用;影响因素

红壤退化非常严重^[1],养分贫瘠化问题十分普遍,而氮素肥力退化是其中的关键因子之一^[2]。红壤氮素矿化和硝化作用的强弱和进程是影响氮素肥力恢复和重建的重要过程。过去工作表明:红壤氮素矿化和硝化作用明显受土壤有机质、pH 和土壤速效磷含量的影响,但影响程度和机理尚不明了^[3,4]。本文选择了不同土壤母质、不同侵蚀程度和不同培肥条件下的红壤为研究对象,着重研究添加碳源、石灰和磷这几个因子对红壤氮素矿化和硝化作用的影响程度和机制,以明确土壤矿化和硝化作用的调节因子,为红壤培肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 土壤样品的采集

供试土壤采自江西鹰潭发育于第四纪红色粘土及红砂岩母质上的自然土壤(以下简称红粘土和红砂土),并以地表裸露和地表长有稀疏短草作为重度侵蚀和轻度侵蚀的土样。同时采集了中科院鹰潭红壤生态试验站内连续 10 年施用有机肥(猪粪)和无机肥(NPK)试验小区的红粘土作为培肥后的土样。所有土样均采自表层 0~20cm。供试土样基本性状如表 1 所述。

1.2 试验方法

设 5 个处理:1)对照(CK),2)加 1%葡萄糖(C),3)加 140mg/kg P(K₂HPO₄)(P),4)加 2%石灰石粉(CaCO₃),5)加 1%葡萄糖+140mg/kg P(K₂HPO₄)+2%石灰石粉。每个处理 3 次重复。

矿化试验:分别称取 10g 上述供试风干土壤,然后按处理加入添加物,混合均匀后放入

① 由国家自然科学基金 95 期间重点项目(49631010)及国家“九五”攻关专题(96-004-03-12)资助

② 通讯联系人

100ml 离心管中。而后加水至田间持水量的 65%，管口盖上塑料薄膜保持水分，置于 28℃ 恒温培养箱中培养，期间定期加水保持土壤含水量为 65% 的田间持水量。培养四周后，每管加上 50ml 2 mol/L KCl 溶液，振荡 1 小时后过滤，测定矿质态氮和硝态氮。

硝化试验: 培养方法同矿化试验, 但每管须加入 2. 5mgN 的 (NH₄)₂SO₄ 溶液。

结果计算: 土壤氮素矿化量等于土壤培育后与培育前的矿质氮量(铵态氮与硝态氮之和)之差。土壤硝化率 = $\frac{NO_3^- - N}{(NH_4^+ - N + NO_3^- - N)} \times 100\%$ 。即土壤加 (NH₄)₂SO₄ 培育后, 其硝态氮量与矿质氮量总量之比。

1.3 分析方法

按常规分析方法测定土壤的 pH、有机质、速效磷、矿质氮、全氮。

2 结果与讨论

2.1 影响红壤氮素矿化作用的因素

2.1.1 添加碳源对氮素矿化的影响

表 2 结果显示, 培养 4 周后, 加葡萄糖处理各供试土壤的矿化量较对照有明显下降, 都为负值, 表现出矿质氮的净生物固持。

有机氮的矿化和矿质氮的生物固持作用的相对强弱受许多因素的影响, 特别是能源物质的种类和数量^[5]。加入葡萄糖, 易分解能源物质充足, 矿质氮的生物固持作用要大于有机氮的矿化作用。从表 2 可知, 无论是侵蚀红壤还是培肥后的红壤, 矿质氮的生物固持作用均大于有机氮的矿化作用, 其中重度、轻度侵蚀红砂土和无机培肥红粘土壤的生物固持作用最强。

2.1.2 添加磷对氮素矿化作用的影响 从表 2 可看出, 加 K₂HPO₄ 后, 各供试土样的矿化量均有提高的趋势。有机和无机培肥红壤的矿化量分别比对照提高了 15% 和 19%, 而侵蚀红壤的氮素矿化量有更显著的提高, 比对照增加了 1.7~4.7 倍, 差异达显著水平。其中重度侵蚀的红粘土和红砂土氮素矿化量比相应轻度侵蚀的红粘土和红砂土提高的更大。从上述结果看来, 速效磷含量高的有机和无机培肥红壤的矿化量增幅不大, 而含磷低(0.1~3mg/kg 左右)的其它几种侵蚀土壤矿化量增幅较大。这可能是因为贫瘠的侵蚀红壤加入磷, 既培肥了土壤, 促进了土壤微生物的数量和活性提高, 同时又提高了土壤 pH(见表 3), 从而有利于土壤矿化作用的进行。这说明在低磷红壤上增施磷可有效地促进红壤氮素的矿化。

2.1.3 添加石灰石粉对氮素矿化作用的影响 表 2 数据表明 CaCO₃ 处理中, 各供试土样的矿化量比对照也表现出明显的提高。有机和无机培肥红壤氮素矿化量提高幅度分别为

表 1 供试土样基本性状

土样	有机碳 (g/kg)	全氮 (g/kg)	矿质氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	pH
重度侵蚀红粘土	2.09	0.28	8.39	0.47	4.8
轻度侵蚀红粘土	6.15	0.68	8.43	0.44	4.5
重度侵蚀红砂土	1.51	0.14	5.67	0.13	4.9
轻度侵蚀红粘土*	4.06	0.36	6.09	2.96	5.4
有机肥培育红粘土	9.80	1.17	16.6	189	6.7
无机肥培育红粘土	5.57	0.72	17.8	36.9	6.6

*轻度侵蚀红砂土地表有草皮, 以前曾经开垦过。

表 2 添加碳源、磷和石灰石粉对矿化作用的影响

土样	CK C O ₃ C+P+CaCO ₃				
	矿化氮量(mg/kg)				
重度侵蚀红粘土	0.95	-0.88	5.45	7.39	-0.56
轻度侵蚀红粘土	3.65	-1.64	9.89	12.8	-5.46
重度侵蚀红砂土	1.84	-3.09	6.07	7.25	-4.60
轻度侵蚀红砂土	6.98	-3.18	9.78	18.9	-3.76
有机肥培育红粘土	27.1	-0.65	31.1	33.2	16.9
无机肥培育红粘土	13.8	-2.08	16.4	16.9	7.51

23%和 22%，侵蚀红壤的矿化量提高幅度在 1.7~6.8 倍之间，其中重度侵蚀红壤矿化量提高幅度明显大于轻度侵蚀红壤。比较添加磷和 CaCO₃ 两种处理发现，加 CaCO₃ 处理矿化量提高幅度又大于加磷处理。加 CaCO₃ 后，测得土样 pH 都在 7.6~7.8 的范围（见表 3），这样的中性偏碱条件有利于氨化细菌的生长和活动。有机和无机培肥红壤的矿化

量增幅较小，这是由于这两个处理的初始 pH 值较高，接近 7，比其它土样高出 2 个 pH 单位。也就是说，在低 pH 红壤上添加 CaCO₃ 对矿化作用的促进效应要比高 pH 红壤强。

2.1.4 同时添加碳源、磷和石灰石粉对氮素矿化作用的影响 当同时添加碳源、磷和石灰石粉时，四种侵蚀红壤的矿化量与只添加碳源处理一样，比对照有明显下降，均为负值，表现出氮素的净生物固持。有机和无机培肥处理红壤氮素矿化量虽然仍为正值，但与对照处理相比，矿化量明显降低，降低幅度为 37.6%~45.6%，差别显著。这说明即使是肥力较高的红壤，在添加磷和石灰石粉的同时添加碳源也会对土壤氮素的矿化有抑制作用。因此在农业生产上，添加有机物料时，即便是肥力较高的土壤也要注意补充速效氮，以防氮素的生物固持。

2.2 红壤氮素硝化作用的影响因素

表 4 结果显示，侵蚀红壤的硝化作用很弱，有机或无机肥培肥后土壤硝化作用明显增强，硝化率达 81.2%~86.7%。添加碳源对侵蚀红壤的硝化作用影响较小，对培肥红壤硝化率有增加的趋势，但与对照相比差异不明显。添加磷对各土样硝化作用的影响结果与添加碳源处理接近。添加石灰石粉提高土壤 pH 对培肥红壤的硝

化率有较大幅度的提高，对重度、轻度侵蚀红粘土和重度侵蚀红砂土的硝化作用影响较小，但明显提高了轻度侵蚀红砂土的硝化率，数值达 85.4%，这可能是与该土壤曾经开垦培肥过，土壤速效磷含量相对较高以及通气和透水较好有关。同时添加碳源、磷和石灰石粉对各土样硝化作用的影响结果与单添加石灰石粉处理相近。上述结果表明，单独添加碳源、磷、石灰石粉或同时添加上述 3 种物质虽然改善了土壤的碳、磷营养，提高了土壤 pH，但对侵蚀红壤（除轻度侵蚀红砂土外）硝化作用的影响很微弱。这可能主要是因为侵蚀红壤荒地本身含硝化微生物菌群少及活性低的缘故^[3,6]。侵蚀红壤的硝化作用弱，有利于土壤 NH₄⁺-N 的积累，并可减少因硝化作用产生 NO₃⁻-N 所引起的氮素损失，这对贫瘠的侵蚀红壤氮素肥力的恢复和重建是有利的。

表 3 添加碳源、磷和石灰石粉后土壤 pH 的变化

土样	pH				
	CK	C	P	CaCO ₃	C+P+CaCO ₃
重度侵蚀红粘土	4.8	4.4	5.3	7.6	7.5
轻度侵蚀红粘土	4.5	4.0	4.7	7.6	7.3
重度侵蚀红砂土	4.9	4.1	5.1	7.7	7.6
轻度侵蚀红砂土	5.4	4.3	5.5	7.8	7.3
有机培肥红粘土	6.7	6.6	6.6	7.6	7.6
无机培肥红粘土	6.6	6.1	6.4	7.7	7.6

表 4 添加碳源、磷和石灰石粉对土壤硝化作用的影响

土样	硝化率(%)				
	CK	C	P	CaCO ₃	C+P+CaCO ₃
重度侵蚀红粘土	0.75	0.97	0.75	0.96	1.53
轻度侵蚀红粘土	0.70	0.32	0.86	0.44	0.85
重度侵蚀红砂土	0.38	0.40	0.28	0.30	1.60
轻度侵蚀红砂土	0.52	0.32	0.45	85.4	87.8
有机培肥红粘土	86.7	89.5	96.2	98.2	92.7
无机培肥红粘土	81.2	85.7	91.1	97.3	98.5

表 7 不同处理棉铃各部分的 K 含量(mg/g)

处理代号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
棉籽	11.5	11.4	11.4	11.1	12.0	10.0	10.4	11.6	10.8
皮棉	2.42	2.78	3.36	3.70	3.44	2.20	2.90	2.99	5.04
棉铃壳	12.4	11.9	12.8	12.9	20.4	11.3	11.6	13.8	15.2

由表 7 可见,在 200mg/kg K 时,棉铃壳中的 K₂O 含量达到 2.45%,如用其作燃料烧成的草木灰含 K₂O 可以在 20.0%左右,这样 1.5kg 草木灰即可相当于 0.5kg KCl,因此棉铃壳及其棉花茎叶是很好的生物钾肥资源,在缺 K 地区可以开发利用。

3 结 论

- 1.在低 K 条件下增施 Na 和同等 K 水平比较,增加了棉花的经济学产量,而对棉花的茎叶量则影响不大。
- 2.施 Na 促进了K 的吸收,促进K 由茎叶等营养器官向棉铃等生殖器官转移,增加了棉铃中 K 的浓度,有利于棉铃中纤维与种子的形成与充实,增加了籽棉产量。
- 3.棉花成熟以后,K 主要集中于棉籽与棉铃壳中,茎叶中也含有一定的 K,但数量较少,因此棉花除纤维外,包括棉籽加工后都是很好的生物钾肥资源,在缺 K 地区可以开发利用。

参 考 文 献

1 Joham, H. E. et al. Soil Science. 1965, 99:220~226

2 Coopet, H. P., Soil Science. 1953, 76:9~28

3 陈国安. 钠对棉花生长及钾钠吸收的影响. 土壤. 1992, 24(4), 201~204

4 Munson. R. D., et al, “Potassium in Agriculture” Medison, Wisconsin USA, 1985, 1063~1076.

5 陈国安. 硝酸钠对甜菜产量和钾钠吸收的影响. 中国甜菜. 1990, 3 :31~35

6 陈国安. 土壤与植物的钠营养. 土壤学进展. 1988, 16(5) :1~5



(上接第 137 页)

参 考 文 献

1 赵其国. 我国土壤的退化问题. 土壤, 1995, 27(6) :281~285

2 孙波、张桃林、赵其国. 南方红壤丘陵区土壤养分贫瘠化的综合评价. 土壤, 1995, 27(3) :119~128

3 潘映华、李良谟、伍期途等. 不同利用方式下红壤的硝化和反硝化活性研究. 土壤, 1988, 20(4) :184~187

4 李辉信、胡锋、蔡贵信等. 红壤氮素的矿化和硝化作用特征. 土壤, 2000, 32(4) :194~197

5 朱兆良、文启孝主编. 中国土壤氮素. 南京 :江苏科学技术出版社, 1992, 37~59

6 Sahawat, K. L. Nitrification in some tropical soils. Plant and Soil, 1982, 65 :281~286