长期试验地潮土的矿化与硝化作用特征*

范晓晖[1] 林德喜[2] 沈 敏[2] 钦绳武[1]
(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)
(2 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095)

CHARACTERISTICS OF MINERALIZATION AND NITRIFICATION IN THE CALCAREOUS SOILS FROM A LONG-TERM FERTILIZATIION EXPERIMENTAL FIELD

Fan Xiaohui[1] Lin Dexi[2] Shen Min[2] Qin Shengwu[1]
(1 *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China*)
(2 *College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*)

关键词 潮土; 长期施肥; 矿化作用; 硝化作用
中图分类号 S158.3 文献标识码 A

国外长期定位试验已有 150 a 历史, 积累了许多资料并解决了许多理论和实际问题。国外的资料可供借鉴, 但与我国情况还有较大区别。为此建立我国长期定位试验点, 研究我国自然条件下长期施肥对土壤肥力、作物产量和生态环境影响尤其重要。由于种种原因, 我国保存下来的长期试验点很少。本文研究的长期试验地已有 15 a 长期施肥历史, 在我国像这样长时间布置完整的长期试验不多。为此, 本文采集我国潮土农田生态系统中养分平衡长期试验中不同施肥处理小区土壤, 着重研究长期不同施肥处理条件下氮素养分内循环中的矿化作用和硝化作用过程及其影响因素。关于土壤的矿化作用和硝化作用研究有不少报道[1~4], 但对长期定位试验土壤剖面的氮素矿化作用和硝化作用的研究还未见报道。本文以潮土 7 个不同施肥处理的 3 个土层为研究对象, 研究其氮素的矿化作用和硝化作用特征及其影响因素, 为该地区氮肥的合理施用和潮土的培肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土样

土壤样品采自中国科学院封丘农业生态实验站的潮土长期施肥试验地[5]。该试验始于 1989 年。试验设 7 个处理为: (1) CK (对照, 不施肥); (2) PK; (3) NK; (4) NP; (5) NPK; (6) OM; (7) 1/2OM + 1/2NPK。分 4 个区组, 随机排列。肥料品种 N 肥为尿素, P 肥为过磷酸钙, K 肥为硫酸钾。有机肥 (OM) 以粉碎的麦秆为主, 每季每 hm^2 用量约 4 500 kg, 加上适量粉碎后的大豆饼和棉仁饼, 以提高有机肥的含 N 量。有机肥经堆制发酵后再施用。施用前先分析 N、P、K 养分含量。以等 N 量为标准, 有机肥中的 P、K 不足部分用 P、K 化肥补足到等量。试验田的施肥量与当地农民当时所种大田施肥量相比, 只属中等水平 (表 1)。试验采用小麦—玉米一年两熟轮作。品种系当地大面积推广品种。灌水视每年降水情况而定, 一般小麦灌水 2~ 3 次, 玉米灌水 1~ 2 次。每次灌水量 900~ 1 200 $m^3\ hm^{-2}$。

* 国家重点基础研究发展规划项目(G1999011802)、中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-413-3)、国家自然科学基金重大项目(30390080)资助
作者简介: 范晓晖 (1965~), 男, 江苏南通人, 博士, 副研究员, 研究方向: 植物营养与土壤肥力
收稿日期: 2004-04-08; 收到修改稿日期: 2004-08-06

表 1　试验田肥料用量

作物	施肥时期	氮肥 (N kg hm^{-2})	磷肥 (P_2O_5 kg hm^{-2})	钾肥 (K_2O kg hm^{-2})
小麦	基肥	90	75	150
	追肥	60	0	0
玉米	基肥	60	60	150
	追肥	90	0	0

2002 年玉米收获后采集每个施肥处理小区的 0~ 20 cm、20~ 40 cm、40~ 60 cm 土壤为供试土壤。土壤的 pH 值如表 2 所示。

表 2　长期施肥试验小区土壤 pH 值

土层(cm)	CK	PK	NK	NP	NPK	OM	1/2 OM+ 1/2 NPK
0~ 20	9.03	8.89	8.86	8.81	8.77	8.75	8.76
20~ 40	8.86	8.71	8.60	8.77	7.71	8.72	8.72
40~ 60	8.41	8.28	8.28	8.42	8.33	8.41	8.41

1.2　土壤矿化量和硝化率的测定

1.2.1　矿化试验　　称取每个施肥小区处理的过 2 mm 筛的风干土 10 g 供试土壤 15 份, 分别放入 100 ml 离心管中, 加水至田间持水量 65%。管口盖上塑料薄膜以保持土壤水分, 置于 28 ℃培养箱中培育。零点测定: 加水后立即取出各处理 3 份离心管直接加入 50 ml 2 mol L^{-1} KCl 溶液, 振荡 1 h 后过滤, 取滤液 20 ml 测定其中铵态氮和硝态氮含量。其他各处理的 12 份离心管分别在培育 7、14、21 和 28 d 后分 4 次取出, 每次 3 份, 同样加入 2 mol L^{-1} KCl 溶液 50 ml, 振荡 1 h 后过滤, 取上清液, 用 MgO-代氏合金分析其中的铵态氮和硝态氮。土壤矿化氮总量= 铵态氮+ 硝态氮。

1.2.2　硝化试验　　称取每个施肥小区处理的过 2 mm 筛的风干土 10 g 供试土壤 15 份, 分别放入 100 ml 离心管中, 各加入 2.5 mg N 的硫酸铵溶液, 再加水至田间持水量 65%。其他培育及测定过程与矿化试验相同。以 (NO_3^--N/(NH_4^+-N + NO_3^--N) × 100%) 计算土壤硝化率[6]。

2　结果与讨论

2.1　潮土氮素的矿化作用及其影响因素

土壤氮素的矿化与土壤氮素的供应密切相关。土壤氮素的矿化量, 是土壤有机氮含量、生物分解性、矿化的水热条件和土壤深度及培育时间等的函数。本培育实验用矿质态氮量变化来研究不同深度土壤的矿化作用。

比较图 1A、图 1B、图 1C 可以明显地看出, 随着培育时间的延长, 矿质氮量都相应增加。随着土壤深度的增加, 土壤矿质氮量相应减少。培育 28 d 后, 各个处理表层土壤(0~ 20 cm) 的矿质氮量在 N 0.02 ~ 0.05 mg g^{-1}之间, 20~ 40 cm 土层土壤矿质氮量在 N 0.015~ 0.025 mg g^{-1}之间, 40~ 60 cm 土层土壤大部分处理矿质氮在 N 0.01~ 0.015 mg g^{-1}之间。这可能是因为随着土壤深度的增加, 土壤有机氮的含量减少, 其他营养元素含量也减少, 微生物种类减少, 活性降低, 而导致矿化态氮的减少(图 1) 。

相同层次不同施肥处理土壤的矿质氮量变化表明, 表层土壤上施有机肥(OM) 处理的土壤矿质氮量在各个时期都是最高的, 施 1/2 有机肥加 1/2 无机肥(1/2 OM+ 1/2 NPK) 处理的土壤次之。看来施用有机肥改善了土壤物理化学性质, 同时也促进了微生物活性的提高, 因而更有利于土壤有机氮的矿化。施 NP 无机肥处理矿质氮量排在第三, 位于施用 PK、NK 处理之前。这是因为封丘潮土是缺 N 缺 P 富 K 性土壤, 土壤本身含 K 丰富, 施 K 作用不大。

20~ 40 cm 和 40~ 60 cm 土层土壤各个处理之间矿质氮量的差别不大, 可能是因为肥料一般都施在表层, 大部分肥料都被植物吸收或挥发或被淋洗, 能进入底层的很少。但从整体趋势来看, NK 施肥处理最高, OM、1/2 OM+ 1/2 NPK、NPK 处理的矿化态氮量高于 PK、CK 处理。

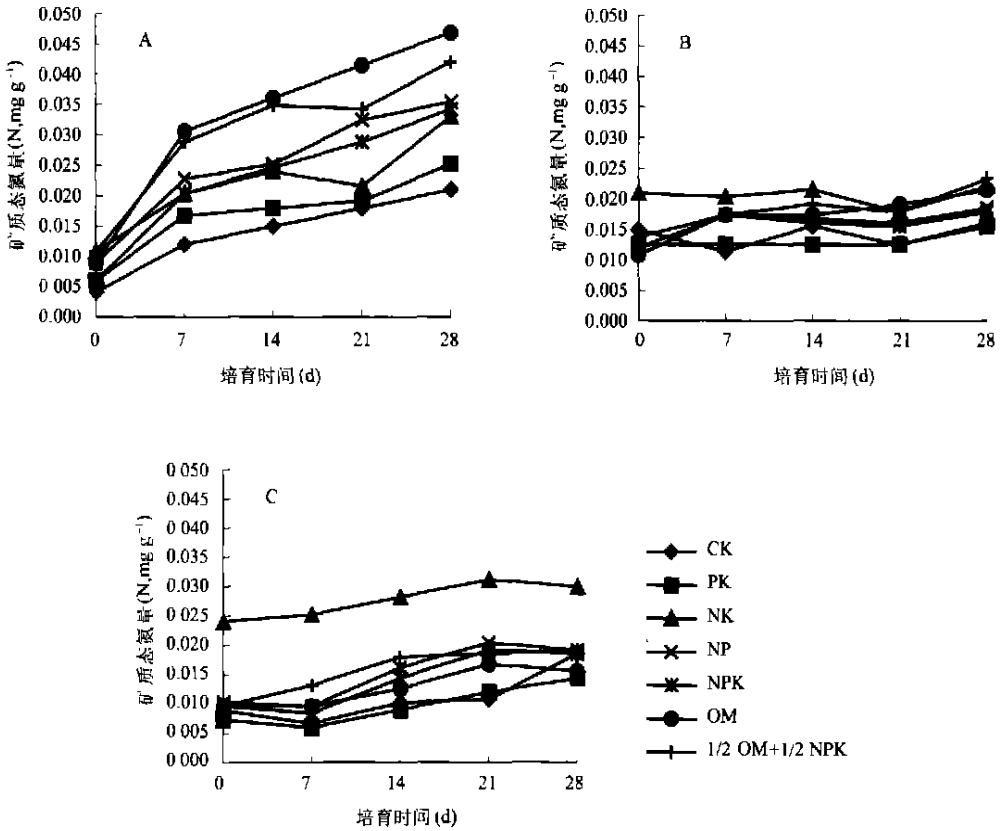

图1 潮土剖面不同土层土壤矿质氮量(A: 0~ 20 cm; B: 20~ 40 cm; C: 40~ 60 cm)

2.2 潮土氮素的硝化作用及其影响因素

比较图2A、图2B、图2C可以看出,潮土上氮素的硝化率非常高。培育28 d后,3个土层各个处理的硝化率几乎都达到90%以上。特别在表层土壤上,OM、1/2 OM+ 1/2 NPK和NPK处理在培育7 d后硝化率就达到95%左右,PK、NK、CK在培育14 d后也达到95%左右。以往的研究资料同样表明,潮土的硝化作用较其他土壤强得多。例如,范晓晖[1)]的研究表明,培育28 d后黄泥土的硝化率为77%,红壤的硝化率则低于5%,潮土达到100%。

随着土壤深度的增加,各处理的硝化率随之减少。表层0~ 20 cm硝化率的平均值为73.70%,20~ 40 cm为64.91%,40~ 60 cm为46.38%。而且其硝化速率也相应减小。所有处理的表层土壤培育到第14天就几乎完全硝化,20~ 40 cm土层到第21天才几乎完全硝化,40~ 60 cm土层到第28天时不施肥处理的硝化率尚未达到90%。

相同层次不同施肥处理土壤硝化率相比,硝化作用最强的是1/2 OM+ 1/2 NPK处理,其次是OM、NPK处理,PK、NK处理硝化作用较弱。不施肥处理的硝化作用最弱。表明施用有机肥、有机-无机肥配施和施用NPK化肥可促进潮土的硝化作用。

许多研究表明,土壤pH是影响硝化作用的重要因素[1~ 4, 7]。过低和过高的pH都抑制硝化微生物的生长。Dancer等[3]的研究表明,当土壤pH从4.7增高到6.5时,硝化速率增加3~ 5倍;李良谟等[8]的研究结果也表明,土壤硝化率与土壤pH呈正相关,pH为5.6的土壤的硝化率很低,在pH 5.6~ 8.0范围内硝化率随土壤pH增大而增大,呈极显著相关(r= 0.941)。0~ 20 cm、20~ 40 cm和40~ 60 cm土层土样的pH值在8.29~ 9.03之间,属于偏碱性土壤。对这三层土壤的硝化率和pH进行相关性分析表明,培育14 d时土壤的硝化率与土壤pH呈极显著相关: $y = -7.77 + 0.99x$, $r = 0.7842$。而表

(1) 范晓晖. 我国几种农田土壤的硝化和反硝化研究. 中国科学院博士学位论文, 1995. 1~ 72

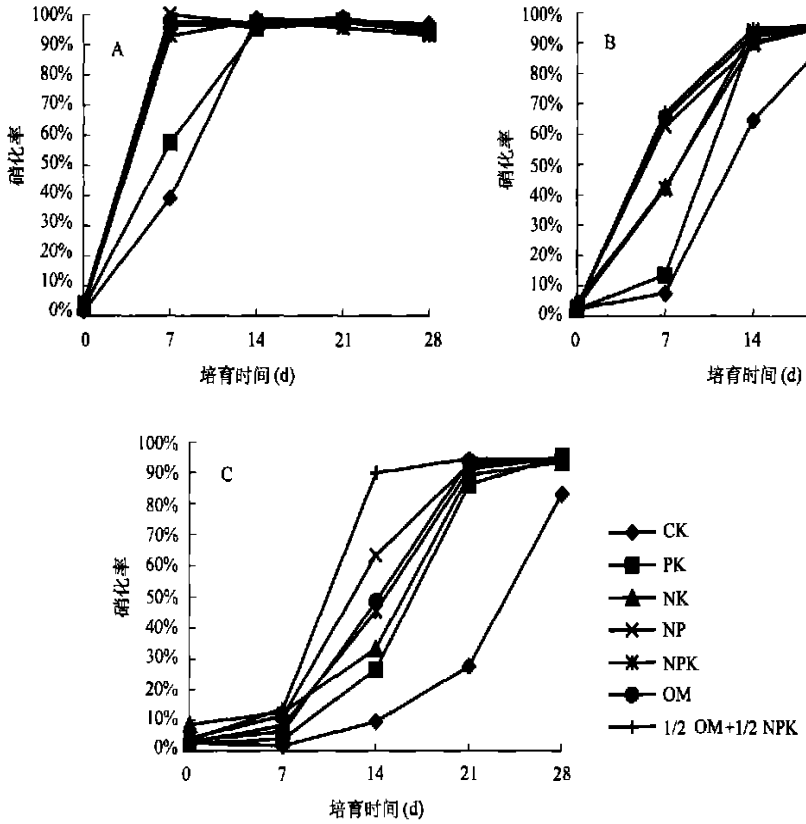

图 2　潮土剖面不同土层土壤硝化率(A: 0~ 20 cm; B: 20~ 40 cm; C: 40~ 60 cm)

层土壤的 pH 值在 8.75~ 9.03 之间, 培育 7 d 时的硝化率和土壤 pH 呈极显著负相关: $y = 21.62 - 2.36x$, $r = -0.8762$。这说明当土壤 pH 值在 8.0~ 9.0范围内, 随 pH 升高硝化率随之升高。而当 pH 接近 9.0 或超过 9.0, 随着 pH 的升高, 硝化微生物开始受到抑制, 从而导致硝化率的下降。

3　小　结

潮土矿化作用和硝化作用的研究表明, 随着土壤深度的增加, 土壤中氮素的矿化作用和硝化作用都有所减弱; 采用有机肥、有机-无机配施及无机肥可增强土壤的矿化作用和硝化作用。土壤 pH 在 8.0~ 9.0 范围内, 土壤硝化率与 pH 呈极显著正相关, 土壤 pH 过高抑制硝化作用。长期施肥影响土壤中氮素矿化与硝化作用能力。

参 考 文 献

[1]　李辉信, 胡峰, 刘满强等. 红壤氮素的矿化和硝化作用特征. 土壤, 2000, 32(4): 194~ 197

[2]　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

[3]　Dancer W S, Peterson L A, Chesters G. Ammonification and nitrification of N ass influenced by soil pH and previous N treatments. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1973, 37: 67~ 69

[4]　Martikainen P J. Nitrification in forest soil of different pH as affected by urea, ammonium sulfate and potassium sulfate. Soil Biochem., 1985, 17: 363~ 367

[5]　钦绳武, 顾益初, 朱兆良. 潮土肥力演变与施肥作用的长期定位实验初报. 土壤学报, 1998, 35(3): 368~ 375

[6]　范晓晖, 朱兆良. 旱地土壤中的硝化和反硝化作用. 土壤通报, 2002, 33(5): 385~ 391

[7]　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~ 95

[8]　李良谟, 潘映华, 周秀如等. 太湖地区主要类型土壤的硝化作用及其影响因素. 土壤, 1987, 19(4): 289~ 293