

不同利用方式下红壤的硝化和反硝化活性研究

潘映华 李良谟 伍期途 李振高

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文研究了不同利用方式下红壤的硝化和反硝活性。研究表明,各种利用方式下的红壤的硝化和反硝活性各不相同。其顺序大致是:水稻土>茶园土>冷浸田和旱地>荒地。

红壤是一种酸性、吸附性能差、养分含量低具有独特化学、物理和生物特性的土壤^[1]。其硝化-反硝化作用亦应有其特点。本文研究了江西省刘家站垦殖场内不同利用方式下红壤的硝化-反硝化活性。

一、材料和方法

(一)供试土壤

采自江西省刘家站垦殖场内的第四纪红色粘土发育的红壤。其利用方式有旱作(旱地)、稻田(水稻土)、一熟稻田(冷浸田)、桔园、茶园和荒地(紫色土和第四纪红色粘土)等。

(二)培育方法和测定项目

1. 培育方法 供研究土壤硝化、反硝化和尿酶活性用的培育方法分别按“土壤微生物研究法”、“第一届分析微生物学学术讨论会论文集”和“土壤酶活性”中的介绍进行的。^[2-4]

2. 测定项目 包括 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 、全N、 ^{15}N 回收率(用 ZHT-130 型质谱仪) N_2O 的含量(用具有电子捕获器的 SP-501 型气相色谱仪)和 pH。

二、结果和讨论

(一)红壤的硝化作用特点

1. 硝化活性弱 由于红壤具有瘠、酸、板、粘、旱等不良性质,其硝化微生物活性受到很大的限制。但土壤经适当改良后,其硝化活性即随之而增强。由表 1 可见,在施用硫酸铵的条件下,除旱地土壤(前作为花生和荞麦)及桔园土壤的硝化活性较强外,其余土壤的硝化活性均很弱,甚至无硝化活性。这可能与红壤 pH 值较低(表 2)受铝离子的毒害以及缺乏养分有关。

2. 有异养硝化作用 据报道,酸性土壤中存在异养硝化作用。在异养硝化菌的作用下,尿素、蛋白胨、乙醛脒等可以转化为 NO_2^--N 和 NO_3^--N 。其转化途径与自养硝化作用不同。其通式为^[6]: $\text{RNH}_2 \rightarrow \text{R-NHOH} \rightarrow \text{R-NO} \rightarrow \text{R-NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$ 。根据马丁的意见,异养硝化菌在土壤中普遍存在,唯其硝化活性不及自养硝化菌,但由于它们在土壤中的数量较大,因而

表1 不同利用方式下红壤的硝化作用

(硝化率%, 湿润培养, 施用硫酸铵)

利用方式	培 育 时 间			
	一 周	二 周	三 周	四 周
早 地	33.7	67.9	75.7	84.6
桔园土	9.92	20.9	/	44.1
茶园土	/	/	1.34	2.45
水稻土	/	/	/	/
冷浸田	/	痕迹	/	/

表2 不同利用方式下红壤的pH值

利用方式	pH(KCl)
早 地	4.37
桔园土	4.12
茶园土	3.95
水稻土	3.97
冷浸田	4.07
荒 地	3.73

对土壤硝化活性有较大的贡献^[7,8]。以尿素作氮源时,各土壤的硝化活性将明显增强,并有随培养时间的推移而增大的趋势(表3)。究其原因,除与尿素能增高土壤pH(表4),有利自养硝化菌生长外^[9],还与土壤中存在大量耐酸的异养硝化菌营硝化作用有关。

表3 利用方式及氮肥类型对土壤硝化率(%)的影响

利用方式	施入的氮肥	培 育 时 间			
		一周	二周	三周	四周
水稻土	硫酸铵	/	/	/	/
	尿 素	8.03	24.5	44.0	49.9
冷浸田	硫酸铵	/	痕迹	/	/
	尿 素	5.87	24.1	44.6	54.2
茶园土	硫酸铵	/	/	1.34	2.45
	尿 素	11.9	31.8	48.3	56.3

表4 利用方式及氮肥类型对红壤pH的影响

利用方式	施入的氮肥	培 育 时 间	
		一周	二周
水 稻 土	硫 酸 铵	3.93	4.07
	尿 素	4.67	4.35
冷 浸 田	硫 酸 铵	4.07	4.28
	尿 素	5.42	4.57
茶 园 土	硫 酸 铵	3.95	4.10
	尿 素	4.55	4.23

表5 西吡对三种利用方式下红壤中NO₃⁻-N含量的影响

(湿润培养, 氮源和尿素)

NO₃⁻-N毫克/100克干土

利用方式	处 理	培 养 时 间			
		一周	二周	三周	四周
水稻土	尿 素	2.27	6.86	12.3	14.5
	尿素+CP	0.46	0.55	0.57	1.02
冷浸田	尿 素	1.53	6.31	12.1	15.2
	尿素+CP	0.29	0.34	0.47	0.53
茶园土	尿 素	2.79	7.82	12.2	14.4
	尿素+CP	0.65	1.21	2.21	3.83

为了区分红壤中自养和异养硝化作用各自的强度,常借助具有选择抑制亚硝酸细菌生长的硝化抑制剂(西吡)^[10]。由表5可见,水稻土(包括冷浸田)加入西吡后其NO₃⁻-N含量很低,而未施西吡者NO₃⁻-N含量则随培养时间的延长而增加;茶园土壤加西吡后其NO₃⁻-N含量较水稻土(包括冷浸田)略高,亦有随培育时间的延长而增加的趋势。表明茶园土壤存在一定程度的异养硝化作用。

(二)红壤的反硝化活性

培育试验表明(表6、7),不同利用方式的红壤中硝酸还原酶(NO₃⁻→N₂O)和N₂O还原酶(N₂O→N₂)活性强度的顺序是:水稻土>桔园土>茶园土>冷浸田>旱地>荒地(紫色土)。说明各种利用方式的红壤均有相当强度的反硝化活性。桔园土和茶园土的酶活性高于冷浸田,可能与木本植物根系分泌物有利于反硝化细菌的生长繁殖有关;也可能是冷浸田常年渍水,因而可供反硝化菌利用的有机物较少的缘故。

至于N₂O还原酶活性,亦以荒地(紫色土)为最低,以茶园土为最高。这可能与茶园土壤

表6

不同利用方式下红壤的硝酸还原酶活性

(淹水培育试验, 释放的 N_2O-N 占加入 N 的%)

利用方式	时 间			
	2 天	4 天	6 天	8 天
水稻土	33.3 a	66.2 a	75.1 a	85.8 a
桔园土	25.8 b	44.2 b	56.0 b	64.7 b
茶园土	15.1 c	36.1 c	42.7 c	43.8 c
冷浸田	7.44 d	17.9 d	23.4 d	30.8 d
旱地	6.63 d	17.4de	21.0de	24.9de
荒地(紫色土)	4.29 d	5.09 e	4.76 e	4.69 e
荒地(第四纪红色粘土)	0.0	0.0	0.0	0.0

表中字母不同者表示差异显著($p < 0.05$)表7 不同利用方式下红壤的 N_2O 还原酶活性(淹水培育试验, N_2O 消失%)

利用方式	时 间			
	2 天	4 天	6 天	8 天
茶园土	49.6	78.8	90.2	98.2
旱地	45.9	72.9	82.6	96.2
冷浸田	48.2	69.6	79.9	92.1
水稻土	42.8	55.0	70.0	88.7
桔园土	36.5	67.4	66.3	85.7
荒地(紫色土)	40.5	40.7	47.6	63.9
荒地(第四纪红色粘土)	0.0	0.0	0.0	0.0

存在异养硝化作用有关。因为在异养硝化菌的作用下, 土壤中经常会有一定数量的 NO_2^- 和 NO_3^- 存在, 它们有利于硝酸还原酶和 N_2O 还原酶等诱导酶的形成。荒地(第四纪红色粘土)由于缺乏能源物质和充足的矿质养分而不利反硝化细菌的生长, 因而该土壤既无硝酸还原酶活性也无 N_2O 还原酶活性。

(三)硝化抑制剂对红壤硝化活性的影响

1. 抑制尿酶活性。在用对亚硝酸细菌

具有选择抑制作用而对其它微生物无害或稍有刺激效应的西吡研究红壤中异养硝化作用时即可发现, 施用尿素而未加西吡的水稻土(包括冷浸田), 其 NH_4^+-N 含量随培养时间而逐渐转化为 NO_3^-N ; 而加西吡的水稻土, 经1、2周培育后, 其 NH_4^+-N 含量较未加西吡者低, 但随培养时间的延长而含量渐增, 但转化为 NO_3^-N 的数量却很少。加西吡的茶园土经2周的培育后, 其 NH_4^+-N 亦低于未加西吡者, 且 NH_4^+-N 含量变化不大。可见, 茶园土的尿酶活性受西吡抑制作用的影响还是很明显的。这与该土壤的尿酶活性的测定值较高也是吻合的。

试验还表明, 凡加西吡的土壤, 它们的矿质态氮的总回收量都明显地低于未加西吡的土壤。看来, 西吡在调节红壤中氮素转化和供应方面有好的用途。

2. 增加微生物生物量减少氮素损失。

^{15}N (尿素)示踪试验表明, 加西吡的土壤经培育1-3周后, 氮的回收率与未加西吡土壤相近, 但培育至第4周后, 加西吡的土壤的 ^{15}N 回收率则高于未加西吡的土壤(^{15}N 回收率增加6.7%)。另一方面, 加西吡的土壤经培育1周后, 土表出现少量毛霉, 至2周时, 毛霉生长达旺期, 明显地多于未加西吡的土壤, 说明西吡有增加微生物生物量(经测定, 加西吡后微生物生物量增加5.7%), 促进氮素的微生物固定, 减少氮素损失, 提高氮的回收率的作用。

参 考 文 献

- [1]李庆远主编, 中国红壤, 科学出版社, 1983年。
- [2]中国科学院南京土壤研究所微生物室编著, 土壤微生物研究法, 科学出版社, 1984年。
- [3]李良谟、伍期逾、周秀如, 李振高、潘映华, 气相色谱仪测定法, 中国微生物学会第一届分析微生物学学术讨

论会编文集, 科学出版社, 1987年。

[4] [苏] 哈兹耶夫著 (郑洪元, 周礼恺、张德生译)。土壤酶活性, 科学出版社, 1986年。

[5] Brar, S. S., & Giddens, J., Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32:821, 1968.

[6] Siebren, J., Van De Dijk & Sep R. Troelstra. Plant & Soil, 57(1): 11—21, 1980.

[7] Alexander, M., "Nitrification" in "Introduction to Soil Microbiology" "Second Edition, 251—270, New York, Santa, Barbara, London, Sydney, Toronte, 1977.

[8] Kreitingen, J. P., T. M. Klein, N. J. Novick, & M. Alexander, Soil Sci. Soc. Am. J., 49: 1407—1410, 1985.

[9] Martikainen, R. J., Soil Biol. Biochem. 17(3): 363—367, 1985.

[10] Shattuck, G. E. Jr., & M. Alexander, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27(5):600—601 1963.

(上接第183页)

抽穗后分布于穗的钾素与茎叶及根部的钾素之间无相关性, $F = 1.499 < F_{0.05}$ 。夏谷的生长期正值北方的雨季, 植株体内的钾为 k^+ 状态存在, 可能与受雨水淋洗而外溢有关, 对此尚需进一步研究。

三、结 论

1. 夏谷干物质积累动态呈“S”型曲线, 其直线增长期为出苗后第32—62天, 在此期内可积累干物质重总量的68.2%。各器官的干物质重积累, 茎叶直线增长始期为出苗后第27天, 末期为第51天。根重的增量到第54天可达最大值, 此时正值夏谷的开花期。穗干物重的直线增长期为孕穗后的第21—43天, 历时23天。夏谷一生中及各器官干物质积累的直线增长期, 是夏谷栽培管理制订控促措施的重要理论依据。

2. 夏谷一生中氮、磷、钾的吸收动态均有一个直线增长期, 对磷吸收的直线增长期稍早于氮, 对钾的吸收到出苗后第64天即可达到最大值。谷子幼苗离乳后, 植株就可吸收一定量的氮素营养, 出苗后第29天和第49天为吸氮的高峰期, 对磷钾吸收的高峰期大致与氮相似。说明夏谷的施肥应突出一个“早”字, 特别对旱薄地更为重要。因此, 对夏谷而言, 磷钾肥应作基肥用, 氮肥应作种肥用。在夏谷出苗后第20天则应追施攻穗肥, 第40天追施攻粒肥。

3. 夏谷穗部氮、磷含量与茎叶及根部氮、磷含量呈负相关。在田间管理上, 应以控制营养器官、促进其体内氮、磷向穗部转移为中心。在目前的生产条件下, 在上述三种土壤上, 特别是其中的旱薄地上, 增施氮、磷肥是提高夏谷产量的主要措施。

参 考 文 献

[1] 山西省农科院编, 中国谷子栽培学, 90—104页, 农业出版社, 1987。

[2] 中国土壤学会农业化学专业委员会编, 土壤农业化学常规分析方法, 67—116页 273—279页, 科学出版社, 1984。