

农业废弃物对土壤中 N_2O 、 CO_2 释放和 土壤氮素转化及 pH 的影响*

陈同斌

(中国科学院地理所农业生态与环境技术试验站, 北京 100101)

S. Struwe and A. Kjoller

(丹麦哥本哈根大学普通微生物学系, 丹麦)

文 摘 用一种丹麦农业土壤作为供试材料, 在室内培养条件下探讨了施用 4 种常见农业废弃物(猪粪泥浆、牛粪泥浆、黑麦秸秆、小麦秸秆)对土壤中 N_2O 、 CO_2 释放和土壤氮素转化及 pH 的影响。试验结果表明, 施用 4 种农业废弃物均会明显增加 N_2O 、 CO_2 释放量。培养 2 周后, 土壤中 N_2O 的释放量分别为: 猪粪 > 牛粪 > 黑麦秸秆 > 小麦秸秆; CO_2 的释放量为: 黑麦秸秆 > 小麦秸秆 > 牛粪 > 猪粪。施用 4 种农业废弃物均会显著促进 NO_3-N 的转化和 NH_4-N 、 NO_2-N 的累积。施用 4 种废弃物均会改变土壤 pH, 其中施用秸秆的 2 个处理中 pH 显著降低, 但施用牲畜粪便的 2 个处理中 pH 则稍微升高。

关键词 土壤, 农业有机废物, 温室气体, 氮素转化, pH。

众多的理论研究和农业生产的实际经验已经充分证明, 牲畜粪便和作物秸秆等有机肥是增加作物产量的一项关键措施。尤其在提出“有机农业”和“能源危机”的概念之后, 科学家们对施用有机肥料的环境和生态效益更为重视。然而, 在一些发达国家中, 牲畜粪便和作物秸秆却常被当作废物而弃之环境, 造成越来越严重的环境问题。施用牲畜粪便和秸秆还田, 是我国农业生产中的一项传统技术。但近年来, 随着人民生活水平的不断提高, 农民施用有机肥的积极性也不断呈下降趋势。因此, 如何合理处置和利用农业废弃物是一个亟待探讨的问题。

温室效应是全球普遍关注的重大环境问题。目前已经明确, 大气中 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 和卤烃浓度的升高是导致温室效应的主要原因。在土壤中添加易分解的有机物, 通常会显著改变土壤微生物的活性, 因此往往会进一步影响到土壤中 N_2O 、 CH_4 和 CO_2 三种温室气体的产生和排放。譬如, 一些研究已经显示, 在室内培养条件下, 向土壤中加入牛粪可促进 CO_2 、 N_2O 和 CH_4 的产生^(1~4)。Paul 等人⁽⁵⁾的研究发现, 施用

牛粪后土壤中 N_2O 排放量增大的主要原因是由于牛粪中的有机物促进反硝化作用的缘故。但关于不同有机肥种类对土壤中温室气体产生和排放的比较研究却鲜见报道。

本研究以 4 种常见的农业废弃物作为研究对象, 通过室内控制条件下的培养试验, 在同一环境条件下比较它们的土地处置(即当作有机肥施用)对土壤中 N_2O 、 CO_2 的产生和土壤氮素转化及 pH 的影响, 以期对农业废弃物的处置和田间温室气体的减排措施提供参考依据。

1 材料与方法

供试土壤取自丹麦 Roskilde 农田的表层(0~10cm)。样品经风干、研磨、过 2mm 筛后在 4℃ 冷库中储存备用。试验开始前将土壤转移到 25℃ 的恒温室中预培养 24 小时。

试验共设 5 个处理, 各处理均加 30g 土壤, 并根据试验要求添加供试的农业废弃物和含 N

收稿日期: 1995-05-29

* 由中国-欧共体合作项目和国家自然科学基金资助

浓度为 $150\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KNO_3 溶液 30mL。5 个处理中添加农业废弃物的种类和用量分别为:

SN: 对照处理(不加任何农业废弃物);
SNP: 3g 猪粪泥浆; SNC: 3g 牛粪泥浆; SNR:
1.5g 黑麦秸秆; SNW: 1.5g 小麦秸秆。

先将土壤和农业废弃物加入 125mL 具橡皮塞隔膜(septum)的培养瓶中,充分混匀后加入 KNO_3 溶液,然后盖紧橡皮塞(橡皮塞的外层用带孔的铝盖密封,以防漏气),加入 C_2H_2 气体使培养瓶上部(headspace)空气中 C_2H_2 的浓度为 10%⁽⁶⁾。

用上述方法制成土壤泥浆(soil slurry)后,将其放置在避光的恒温室(25℃)中振荡。培养过程中每间隔一段时间就用针筒从培养瓶的上部采集(针头穿过橡皮隔膜)气体样品,以便监测其 N_2O 浓度的动态变化。 N_2O 气体的浓度用配备电子捕获检测器(ECD)的 HP5890 气相色谱

谱仪分析⁽⁶⁾。

培养结束(2 周)时,加入 50mL 浓度为 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KCl 溶液,在 25℃ 下恒温振荡 1h,离心 15min,用无硝酸盐的定量滤纸过滤除去上清液中悬浮的废弃物残渣。滤液的 NO_3^- -N、 NO_2^- -N 和 NH_4^+ -N 用配有微机自动校正的 Aquatec5400 自动分析仪测定。

2 结果与讨论

2.1 土壤中氮素转化及 N_2O 释放

图 1 是培养 2 周后对照和添加 4 种有机废弃物的处理中土壤的总无机氮、 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 和 NO_2^- -N 含量。从图 1A 可以看出,施用有机废弃物的 4 个处理(SNP、SNC、SNR 和 SNW)中, NO_3^- -N 浓度和 NO_2^- -N 浓度均在 6—8mg/kg 左右,而且各处理中的 NO_3^- -N 浓度与其 NO_2^- -N 浓度都十分接近。虽然施用有

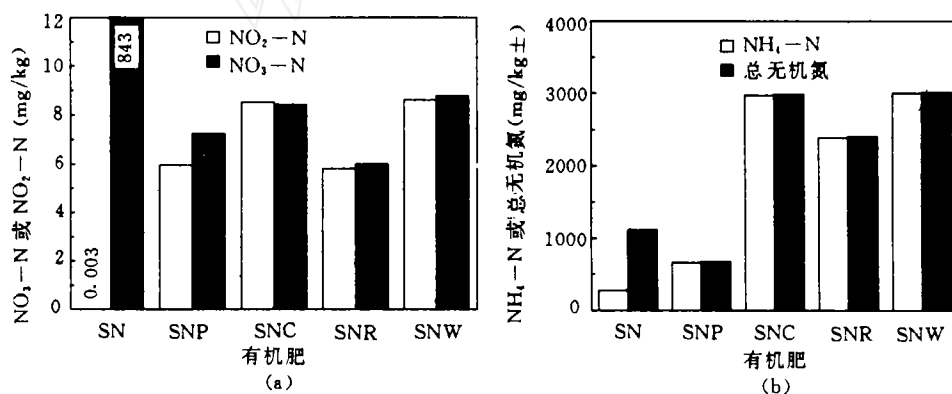


图 1 添加有机废弃物培养 2 周后土壤中各种无机氮的含量

机废弃物的种类不同,但它们的 NO_3^- -N 和 NO_2^- -N 浓度均十分接近。然而,与不施有机废弃物的对照(SN)相比,施用有机废弃物后土壤中的 NO_2^- -N 浓度提高近 2000—2700 倍左右,但 NO_3^- -N 浓度则仅占对照的 0.7—1% 左右。很显然,施用有机废弃物后,由于为微生物活动提供了大量易分解的有机物,使微生物活动获得足够的能量,从而显著提高土壤微生物活性(从图 3 中 CO_2 释放量明显增多也可以证明这一点),有利于加入到土壤中的 NO_3^- -N 的迅速转化为 NH_4^+ -N、 NO_2^- -N 和 NO_2^- -N。

从图 1B 可以看出,虽然 SNP 处理的 NH_4^+ -N 明显低于其余 3 种有机废弃物的处理,但其 NH_4^+ -N 浓度仍比对照高出 1 倍多。因此,施用有机废弃物会明显提高土壤中 NH_4^+ -N 的浓度⁽⁸⁾。

从图 2 可看出,不施有机废弃物的对照中,虽然在培养的 2 周内 N_2O 浓度一直都在不断增加,但其 N_2O 浓度始终都是最少的;而在加有机废弃物的 4 个处理中,前 2—3 天内 N_2O 释放量迅速增加,但培养 2—3 天之后则 N_2O 浓度不再升高或开始下降。因此,试验结果清楚地

表明,施用有机废物会增加土壤中的 N_2O 释放量。前人的许多研究也曾报道,添加有机碳源会显著增加农田土壤中 N_2O 的排放量^(4,5,7)。本文的实验也完全支持这些研究结果。

2.2 土壤中 CO_2 释放

图 3 表明,加入有机废弃物的 4 个处理中, CO_2 浓度明显高于对照处理,而且在各个时期测定其 CO_2 浓度均为: $SNR > SNW > SNC > SNP > SN$ 。 CO_2 是一种温室气体,但它也是土壤中微生物活性强度的指标^(9,10);即 CO_2 释放量越大,则微生物呼吸活性越强。因此在本实验中,微生物活性亦为: $SNR > SNW > SNC > SNP > SN$,即对微生物活性影响大小的顺序分别为:黑麦秸秆 > 小麦秸秆 > 牛粪泥浆 > 猪粪泥浆 > 不加有机废物。

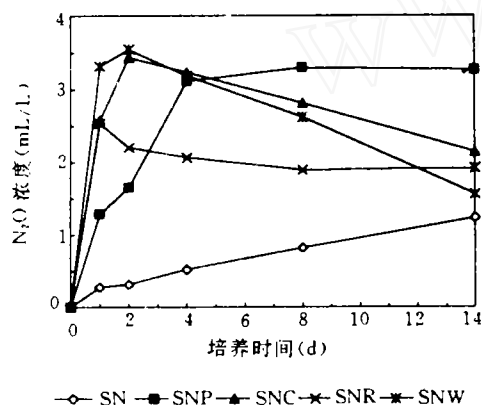


图 2 培养过程中各处理的 N_2O 释放动态

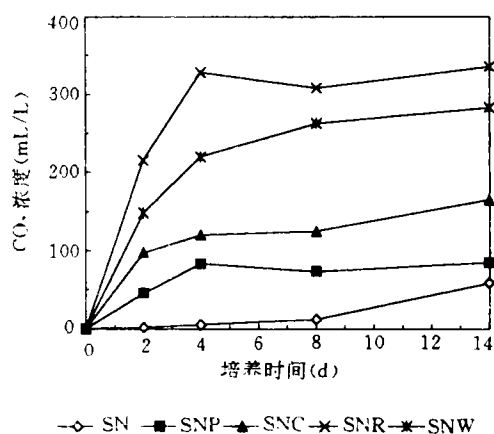


图 3 培养过程中各处理的 CO_2 释放动态

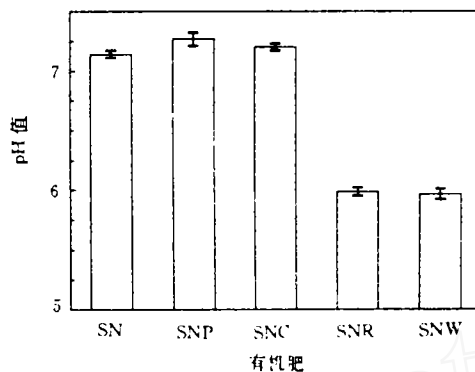


图 4 培养 2 周后各处理中土壤的 pH 值

2.3 土壤 pH 值

图 4 的结果表明,SNP 和 SNC 处理的土壤 pH 值略高于 SN 处理,但 SNR 和 SNW 处理的土壤 pH 值则比 SN 降低 1 个 pH 单位左右。因此,猪粪泥浆和牛粪泥浆对土壤的 pH 值影响不大或稍许升高,但黑麦和小麦 2 种秸秆则使土壤 pH 值明显下降。

3 结论

室内培养试验表明,在土壤中施用猪粪、牛粪、黑麦秸秆和小麦秸秆均会明显增加 N_2O 和 CO_2 释放量;同时还会促进土壤中 NO_3-N 的转化和 NH_4-N 、 NO_2-N 的累积。施用黑麦秸秆和小麦秸秆会显著降低土壤 pH 值,但施用牲畜粪便的 2 个处理中土壤 pH 值则呈升高的趋势。

参考文献

- 1 Petersen S O. Biol. Fertil. Soils, 1993, 15: 137~143
- 2 Bremner J M, Blackmer A M and Minami K. Agron. Abstr. 1978, p21
- 3 Maag M. Mitt. Dtsch. Bodenkcl. Ges., 1990, 60: 205~210
- 4 Paul J W and E G Beauchamp. Can. J. Soil Sci., 1989, 69: 49~61
- 5 Paul J W, E G Beauchamp and X Zhang. Can. J. Soil Sci., 1993, 73: 539~533
- 6 陈同斌, S Struwe and A Kjoller. 应用基础与工程科学学

报,1996,(4):待发表

- 7 Paul J W, E G Beauchamp and J T Trevors. Can. J. Microbiol., 1989, 35:754~759
- 8 Chen T B, S Struwe and A Kjoller. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1996 (submitted)
- 9 Anderson J P E. Soil respiration. In: A L Page (ed.), Methods of Soil Analysis—Part 2. Chemical and Microbiological Properties (2nd edition), Agron. No. 9, ASA—SSSA Inc. Publisher, Madison, Wisc. 1982
- 10 Landa E R and S C Fang. Plant and Soil, 1978, 49:179~183

作者简介

陈同斌 男,1963 年 9 月出生。博士后,研究员,中国科学院地理所农业生态与环境技术试验站站长、中国植物营养与肥料学会环保专业委员会主任。主要从事土壤环境化学、农田生态学及植物营养学方面的研究,曾获 2 项部级科技成果奖及香港 Croucher 基金会访问学者奖等学术奖励,合作主编论著 3 册,发表中、英文论文 45 篇。

Effects of application of agricultural wastes on N_2O and CO_2 emissions, nitrogen transformation in soil and soil pH

Chen Tongbin¹, S. Struwe² and A. Kjoller²

1. Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

2. Department of General Microbiology, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark

Abstract—Incubation study using a Danish agricultural soil was conducted to understand the effects of application of four agricultural wastes, i. e. pig slurry, cattle slurry, rye straw and wheat straw, on N_2O and CO_2 emissions, nitrogen transformation in soil and soil pH. It was indicated that N_2O and CO_2 emissions increased markedly when these four wastes were applied. After two-week's incubation, N_2O and CO_2 emitted from the soil were found in the following order: pig slurry > cattle slurry > rye straw > wheat straw and rye straw > wheat straw > cattle slurry > pig slurry, respectively. The application of each kind of these four wastes could significantly enhance the transformation of NO_3-N , and the production of both NH_4-N and NO_3-N . Both of the two straws reduced obviously the soil pH, and the two animal slurries slightly increased the pH.

Key words: soil, agricultural wastes, greenhouse gases, nitrogen transformation, soil pH.

美国二噁噻危险性重新评价推迟,环保局建立新的评议小组

环保局(EPA)对二噁噻进行的 4 年之久的重新评价再次推迟,EPA 官员于 1995 年 9 月 21 日在 EPA 科学顾问委员会(SAB)执行委员会会议上宣布这一消息。预期重新评价要到明年 9 月完成,时间推迟是因为 SAB 提出批评。EPA 和 EPA 以外的科学家将重写健康评价章节中关于剂量—反应和危险性表征部分。

二噁噻问题是环境医学领域的一个重大问题,也是引起争论最多的问题之一。EPA 在 1994 年 9 月发表的重新评价初稿长达 2000 多页,再次认为二噁噻是一个可能的人类致癌物。其中还首次谈到了二噁噻的非致癌健康影响,如破坏内分泌系统、生殖系统和免疫系统。还有数据表明,接近背景浓度的二噁噻可能影响发育中的胚胎。