

施灌沼肥对土壤氨挥发和氮素下渗规律的影响*

王忠江 蔡康妮 王丽丽 王光远 李文哲

(东北农业大学工程学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 为探讨施灌沼肥对土壤氨挥发和氮素下渗的影响,在室温条件下,采用土柱模拟试验,系统研究沼肥不同施用量和不同施用深度对土壤表面的NH₃挥发及土壤垂直剖面上的总氮、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N下渗的影响规律。结果表明:表施沼肥时,土壤表面的NH₃挥发累积量和挥发的延续时间均随沼肥施用量的增加而增加;土壤垂直剖面上的含水率、总氮和NH₄⁺-N均主要集中在表层土壤,而NO₃⁻-N可迁移至较深层土壤。底施沼肥时,NH₃挥发累积量随着沼肥施用深度的增加而减少,施用深度为10 cm时便可有效减少沼肥的NH₃挥发损失;同时土壤垂直剖面上的含水率和总氮、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N质量比的最高点均与沼肥施用深度呈显著正相关。

关键词: 氮素 沼肥 施用量 施用深度

中图分类号: S147.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2014)05-0139-06

引言

沼气厌氧发酵后的剩余物称为沼肥,沼肥是一种速效性和持效性兼备的优质有机肥料,目前普遍作为有机肥还田^[1-4]。但沼肥含水率较大,含有较多的速效态氮,施入土壤后将增加土壤水分,降低肥料的粘滞性,使氮素向深层土壤迁移,其中相当一部分氮以硝态氮(NO₃⁻-N)形式向下迁移,还有一部分通过氨(NH₃)挥发,这不但造成了氮流失,而且对地下水 and 大气也造成严重污染^[5-6]。目前,沼肥施用的方式、方法相对粗放,经常出现沼肥施用量过少或者过多,进而导致肥效不足或者过多的沼肥下渗污染地下水的现象^[7],从而影响沼肥中氮素的有效利用及对土壤和环境造成影响,同时也极大地影响广大农户施用沼肥的积极性。因此,探明沼肥中的水分和氮素在土壤中的分布特征及NH₃挥发损失规律,探索减少沼肥氮素损失及其合理的施用方法成为一个亟待解决的问题。但目前这方面的系统性研究较少。本文对施灌沼肥条件下土壤表面的NH₃挥发规律及土壤垂直剖面上总氮、铵态氮(NH₄⁺-N)、NO₃⁻-N的分布特征进行系统研究,为沼肥的安全高效利用奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验所用土壤(黑壤土)取自东北农业大学生

命学院楼后的试验田(45°42'6.71"N,126°46'39.71"E),采样深度为地表耕作层0~20 cm,过2 mm筛备用。所用沼肥取自东北农业大学生物质能源实验室,沼气厌氧发酵的原料为总固体质量分数(TS)为8%的鸡粪,取回的沼肥测定总固体质量分数、pH值、粘度后冷藏待用。土壤的相关理化指标为:总固体质量分数为81.23%,pH值为7.02,田间持水量为54.20%,容重为1.16 g/cm³,总氮质量比为1 658.75 mg/kg,NH₄⁺-N质量比为100.58 mg/kg,NO₃⁻-N质量比为1.68 mg/kg。沼肥的相关理化指标为:总固体质量分数为3.56%,pH值为8.04,粘度为212 mPa·s,总氮质量浓度为4 586.65 mg/L,NH₄⁺-N质量浓度为3 610.92 mg/L,NO₃⁻-N质量浓度为77.53 mg/L。

1.2 试验设计

在室温条件下,采用土柱模拟试验,系统研究沼肥不同施用量和不同施用深度对土壤表面的NH₃挥发及土壤垂直剖面上的总氮、NH₄⁺-N、NO₃⁻-N下渗的影响规律。试验在2013年8~10月进行,在表施沼肥不同施用量对比试验中,设置6个对比组,分别为0、100、150、200、250、300 mL;在沼肥不同施用深度对比试验中,设置0、2、6、10、15、20 cm,沼肥施用量为100 mL。

1.3 试验方法

试验采用的土柱装置为内径10 cm、高50 cm、

收稿日期: 2014-01-10 修回日期: 2014-02-16

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD15B04)、黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12511045、12511048)和黑龙江省博士后科研启动基金资助项目(LBH-Q10148)

作者简介: 王忠江,副教授,主要从事农业生物环境与能源工程研究,E-mail: neauwzj@126.com

带底座的聚氯乙烯硬质圆柱管,在圆柱管下端铺上3 cm厚的用去离子水洗净的干燥石英砂,按照 1.16 g/cm^3 的田间容重将供试土壤混匀,分层装入圆柱管后压实,以确保无贴壁水流入渗,尽量减少边缘效应,形成模拟土柱,土壤总高为40 cm。试验过程中每5 d测定一次 NH_3 挥发量,待 NH_3 挥发量接近零时试验结束,然后测定不同土壤垂直剖面上各点的含水率和总氮、 NH_4^+-N 、 NO_3^--N 质量比,取土样时在土壤垂直剖面上每5 cm为一个取样点,绘图时的土壤深度仅标注取样点的起始位置。

TS采用 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 干燥法测定;pH值采用HI9224型便携式酸度计测定;粘度采用NDJ-9S型数显粘度计测定; NH_4^+-N 采用Kjeltec 2300型自动定氮系统测定; NO_3^--N 测定需先经过2 mol/L的KCl振荡浸提、过滤,然后利用Beckman DU800型紫外分光光度计测定; NH_3 挥发量采用磷酸甘油海绵通气法^[8]捕获 NH_3 ,然后经过1 mol/L的KCl在常温下振荡浸提,再按照 NH_4^+-N 分析方法测定;总氮测定需先经过浓硫酸 380°C 高温催化消煮2 h,将总氮转化为 NH_4^+-N ,之后再按照 NH_4^+-N 分析方法测定。容重及田间持水率测定所用容器为 100 cm^3 环刀。

数据处理与分析软件为Microsoft Excel 2007和SPSS 19.0。

2 结果与讨论

2.1 表施沼肥不同施用量对土壤 NH_3 挥发和氮素下渗规律的影响

2.1.1 施用量对土壤 NH_3 挥发的影响

表施沼肥不同施用量条件下的土壤表面 NH_3 挥发量随时间的变化规律如图1所示。

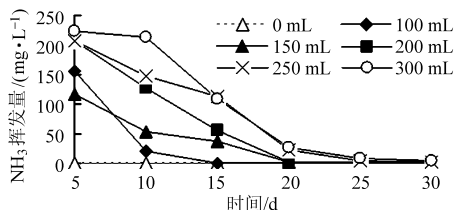


图1 沼肥施用量对 NH_3 挥发量的影响

Fig. 1 Effects of biogas slurry application rate on ammonia volatilization

由图1可以看出,试验周期为30 d时,各组的 NH_3 挥发量均接近于零,未施用沼肥组没有 NH_3 挥发损失,而其他各施用沼液组的 NH_3 挥发现象明显,各组的 NH_3 挥发均主要集中在试验初期,且各组 NH_3 挥发累积量均随着沼肥施用量的增加而增加,在0.01水平上呈显著正相关($R=0.987, P=0$,

$n=6$),各组 NH_3 挥发损失率分别为0、11.49%、9.03%、12.88%、12.94%、12.69%,与各组总施氮量在0.05水平上呈显著正相关($R=0.838, P=0.019, n=6$), NH_3 挥发的延续时间也均随着沼肥施用量的增加而延长,在0.01水平上呈显著正相关($R=0.977, P=0.01, n=6$),说明沼肥施用量是土壤 NH_3 挥发损失的重要原因,这与在灰漠土上施用氮肥^[9],黑土上施用尿素^[10],以及稻田和菜地施用沼液^[11-12]的结果相一致,这主要是由于施入土壤中的氮量与沼肥施用量呈正相关。经回归分析,得出 NH_3 挥发累积量 y 与表施沼肥的施氮量 x 呈一元线性关系,其拟合方程为 $y=0.436x-24.819$,相关系数为0.987, F 检验和 t 检验的概率均小于0.05。

2.1.2 施用量对土壤含水率的影响

表施沼肥不同施用量条件下土壤垂直剖面上不同深度的含水率变化情况如图2所示。

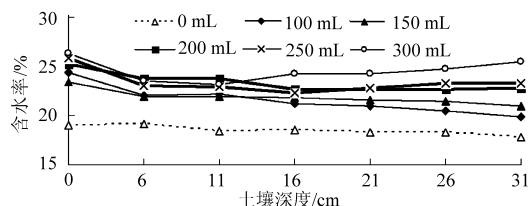


图2 沼肥施用量对含水率的影响

Fig. 2 Effects of biogas slurry application rate on moisture content

从图2可以看出,各施用沼肥组在不同土壤深度处的土壤含水率均明显高于未施用组;而且各施用沼肥组在土壤深度为0~15 cm范围内的土壤含水率差别较小,但在15 cm以下不同沼液施用组的差别较大,其中施用沼肥量相对较少的100 mL和150 mL组在15 cm以下随着土壤深度的增加,土壤含水率也随之下落。施用沼肥量相对较多的200 mL和250 mL组的含水率则先是在16~20 cm段出现小幅下降,之后在20 cm以下又出现小幅上升。而施用沼肥量最多的300 mL组在15 cm以下随着土壤深度的增加,土壤含水率也随之上升。由以上分析可知,表施沼肥时可有效提高整个土壤垂直剖面上的含水率,利用SPSS软件对试验结果进行显著性分析后可知,0~5 cm深土壤的含水率与沼肥施用量在0.05水平上呈显著正相关($R=0.914, P=0.05, n=6$)。

2.1.3 施用量对氮素在土壤中下渗的影响

不同沼肥施用量条件下土壤垂直剖面上不同深度的总氮质量比变化情况如图3所示。

从图3可以看出,沼肥施用量为0 mL的空白组在各土壤深度处的总氮质量比基本一致,均维持在 1500 mg/kg 左右;各施用沼肥组在土壤不同深度处

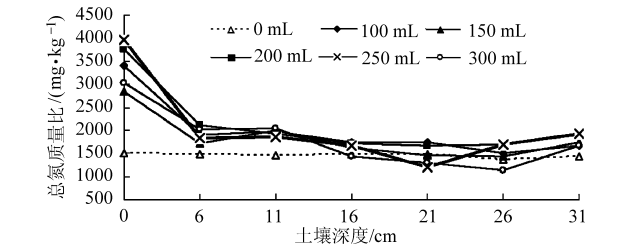


图3 沼肥施用量对总氮质量比的影响

Fig.3 Effects of biogas slurry application rate on total nitrogen

的总氮质量比差别较小,而且变化规律基本一致,各组在0~10 cm 土壤深度处均呈迅速下降趋势,并在6~15 cm 土壤深度保持基本稳定,在15~35 cm 土壤深度处,各组均在15~30 cm 深度呈不同幅度的下降趋势,而后又略有上升。试验结果表明沼肥表施可有效提高0~15 cm 深土壤的总氮质量比,利用SPSS 软件对试验结果进行显著性分析后可知,各不同施用量组间差异不显著($R=0.701, P=0.06, n=6$)。

不同沼肥施用量条件下土壤垂直剖面上不同深度的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比变化情况如图4 所示。

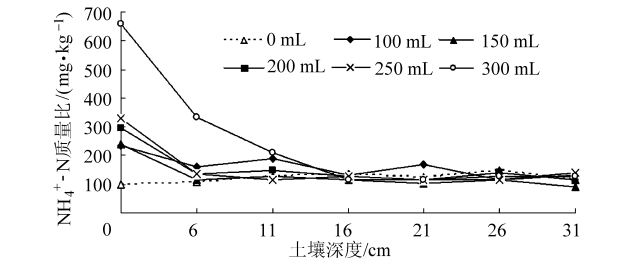


图4 沼肥施用量对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比的影响

Fig.4 Effects of biogas slurry application rate on ammonium nitrogen

从图4 可以看出,沼肥施用量为0 mL 的空白组在各土壤深度处的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比基本稳定,仅在土柱表层和底层的土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比略低。各施用沼肥组中除300 mL 组外,其他各施用量组在整个土壤垂直剖面上的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比的变化规律基本一致,0~10 cm 土壤深度处均呈迅速下降趋势,在10 cm 土壤深度以下除施用量为100 mL 组略有波动外,其他各组的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比基本保持稳定,而且各组的差别较小。而沼肥施用量为300 mL 组由于施用量较大,在0~5 cm 土壤深度处的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比明显高于其他各组,而且在6~20 cm 的土壤深度范围内,随着土壤深度的增加 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比始终维持下降趋势。以上分析表明,表施沼肥时,由于表层土壤对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 具有一定的吸附能力,导致土壤中的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 主要分布在0~5 cm 深的浅层土壤中,而5 cm 深以下土壤中的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比较低,

而且表层土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 浓度与 NH_3 挥发量具有显著的相关性,进而增大了土壤表面的 NH_3 挥发损失^[13],这与在嘉兴水稻土上施用沼肥,土壤垂直剖面上的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比呈上高下低的分布特征结果相一致^[14]。

不同沼肥施用量条件下土壤垂直剖面上不同深度的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比变化情况如图5 所示。

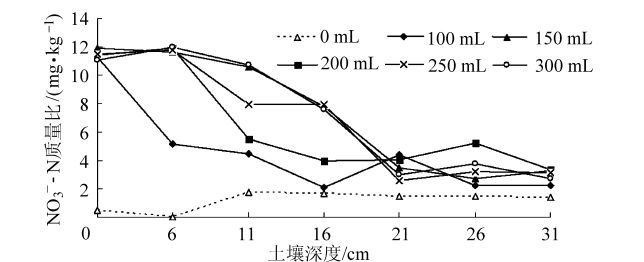


图5 沼肥施用量对 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比的影响

Fig.5 Effects of biogas slurry application rate on nitrate nitrogen

从图5 可以看出,沼肥施用量为0 mL 的空白组 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比随土壤深度的增加,先小幅下降后又迅速升高,之后在10 cm 以下的土壤中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比基本稳定在2 mg/kg 左右。各施用沼肥组中除施用量为100 mL 组在6~10 cm 土壤深度处 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比出现快速下降不同于其他各组外,各组的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比变化规律基本一致,在0~10 cm 土壤深度范围内各组的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比基本稳定在11.5 mg/kg 左右,而在10~25 cm 土壤深度处 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比出现快速下降,之后便基本保持稳定。通过上面的分析可知,表施沼肥增加了整个土壤垂直剖面上的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比,利用SPSS 软件对试验结果进行显著性分析后可知,在0~20 cm 土壤深度范围内的平均 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 质量比与沼肥施用量在0.05 水平上呈显著正相关($R=0.875, P=0.011, n=6$)。由于土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 浓度呈相互消长关系^[13],沼肥中水分和 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 质量比较大,施于土壤后将促使土壤中的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 通过硝化反应生成 $\text{NO}_3^-\text{-N}$,同时由于表层土壤对阴离子的 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 吸附作用较弱,导致一部分 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 随沼肥中的水分一同下渗而迁移至较深层土壤,这与黄土性土壤中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的迁移和淋失^[15],以及外源氮对石灰性土壤硝化作用的影响结果相一致^[16]。

2.2 沼肥施用深度对土壤 NH_3 挥发和氮素下渗的影响

2.2.1 施用深度对土壤 NH_3 挥发的影响

不同沼肥施用深度条件下的土壤表面 NH_3 挥发量随时间的变化情况如图6 所示。

由图6 可以看出,沼肥施用量为100 mL,施用

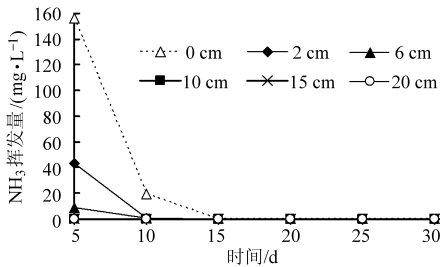


图 6 沼肥施用深度对 NH_3 挥发量的影响

Fig. 6 Effects of biogas slurry application depth on ammonia volatilization

深度为 0、2 和 6 cm 组在第 5 天和第 10 天检测出有 NH_3 挥发, 2 cm 和 6 cm 组在第 10 天只检测出微量的 NH_3 挥发, 并随施用深度的增加, 其 NH_3 挥发量也相应减少, 第 15 天至试验结束均未检测出有 NH_3 挥发; 施用深度为 10、15、20 cm 组在整个试验期内, 均未检测出有 NH_3 挥发。该结果说明, 试验周期内, 各组 NH_3 挥发量均主要集中在试验初期, 且各组 NH_3 挥发累积量均随着沼肥施用深度的增加而减少, 各组 NH_3 挥发损失率分别为 11.49%、2.89%、0.59%、0、0、0, 但利用 SPSS 软件对试验结果进行显著性分析后可知, 各组间差异不显著 ($R = -0.702, P = 0.06, n = 6$), 以上分析表明对于中性黑壤土, 沼肥施用深度为 10 cm 时就可以有效减少土壤表面的 NH_3 挥发量, 从而减少沼液氮素损失及对空气的污染。

2.2.2 施用深度对土壤含水率的影响

从图 6 可以看出不同沼肥施用深度组当试验进行到第 30 天时, 各组均停止了 NH_3 挥发, 此时停止试验并采集土样, 测定并分析各组土壤垂直剖面上的含水率和总氮、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 质量比的分布情况。

不同沼肥施用深度条件下土壤垂直剖面上的含水率变化情况如图 7 所示。

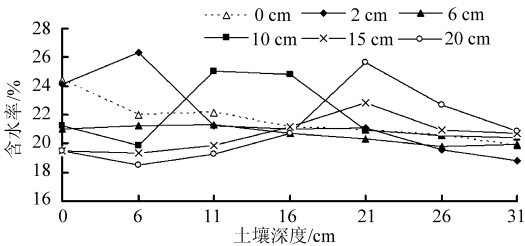


图 7 沼肥施用深度对含水率的影响

Fig. 7 Effects of biogas slurry application depth on soil moisture content

由图 7 可以看出, 除施用深度为 6 cm 组在整个土壤垂直剖面上的变化幅度较小外, 其他各组的变化幅度均较大, 整体的变化规律也基本一致, 即在沼肥施用点上方随着土壤深度的增加, 土壤含水率也

随之逐渐升高, 在沼肥施用点附近土壤含水率达到最高, 之后开始逐渐下降并趋于稳定, 最后在土柱底层的土壤中含水率出现小幅下降。利用 SPSS 软件对试验结果进行显著性分析后可知, 土壤垂直剖面上含水率最高点所在的土壤深度与沼肥的施用深度在 0.01 水平上呈显著正相关 ($R = 0.954, P = 0.002, n = 6$)。

2.2.3 施用深度对氮素在土壤中下渗的影响

不同沼肥施用深度条件下土壤垂直剖面上的总氮质量比变化情况如图 8 所示。

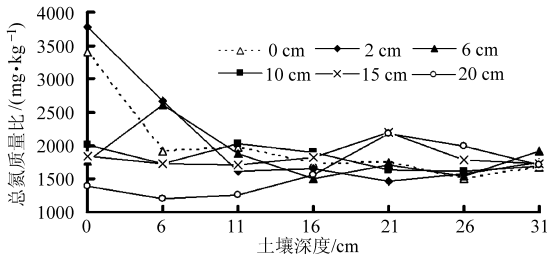


图 8 沼肥施用深度对总氮质量比的影响

Fig. 8 Effects of biogas slurry application depth on total nitrogen

由图 8 可以看出, 除施用深度为 10 cm 组在整个土壤垂直剖面上的变化幅度相对较小外, 其他各组的变化幅度均较大, 整体的变化规律也基本一致, 即在沼肥施用点上方随着土壤深度的增加, 土壤总氮质量比也随之逐渐升高, 在沼肥施用点附近土壤总氮质量比达到最高, 之后开始逐渐下降并趋于稳定, 稳定后各组的土壤总氮质量比基本维持在 1700 mg/kg 左右。利用 SPSS 软件对试验结果进行显著性分析后可知, 土壤垂直剖面上各组总氮质量比最高点所在的土壤深度与沼肥的施用深度在 0.01 水平上呈显著正相关 ($R = 0.975, P = 0, n = 6$)。从图中还可以看出沼肥施用深度为 2 cm 组在土壤深度为 0~5 cm 处的总氮质量比为各施肥组试验过程中最高的, 而不是施用深度为 0 cm 组, 这主要是由于施用深度为 0 cm 组的 NH_3 挥发量远高于施用深度为 2 cm 组, 进而导致上述结果。

不同沼肥施用深度条件下土壤垂直剖面上的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量比变化情况如图 9 所示。

由图 9 可以看出, 各不同施肥深度组的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量比变化规律基本一致, 都是在施肥点上方随着土壤深度的增加, 土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量比也随之逐渐升高, 在沼肥施用点附近土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量比达到最高, 之后开始逐渐下降并趋于稳定, 而且 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量比变化的区域较小, 主要集中在施肥点附近。但各不同施肥深度组的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 质量比变化幅度存在较大差异, 其中施肥深度为 6 cm 和 10 cm 组的变

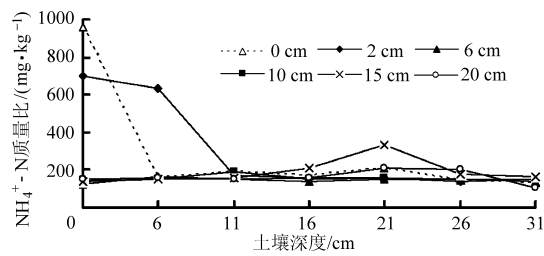


图9 沼肥施用深度对 NH_4^+ -N质量比的影响

Fig.9 Effects of biogas slurry application depth on ammonium nitrogen

化幅度相对较小,15 cm 和 20 cm 组次之,而 0 cm 和 2 cm 组的 NH_4^+ -N 质量比变化幅度则明显高于其他各组。利用 SPSS 软件对试验结果进行显著性分析后可知,土壤垂直剖面上各组 NH_4^+ -N 质量比最高点所在的土壤深度与沼肥的施用深度在 0.01 水平上呈显著正相关($R = 0.975, P = 0, n = 6$)。

不同沼肥施用深度条件下土壤垂直剖面上的 NO_3^- -N 质量比变化情况如图 10 所示。

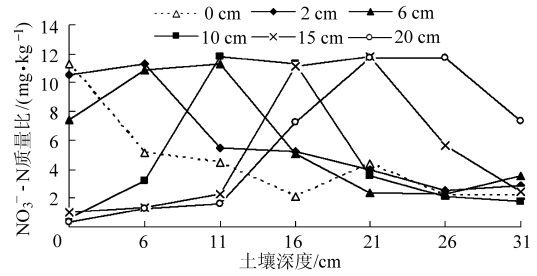


图10 沼肥施用深度对 NO_3^- -N质量比的影响

Fig.10 Effects of biogas slurry application depth on nitrate nitrogen

由图 10 可以看出,各沼肥施用深度组在整个土壤垂直剖面上的 NO_3^- -N 质量比波动较大,但整体变化趋势基本一致,即在沼肥施用点上方随着土壤深度增加, NO_3^- -N 质量比也随之缓慢增加,在沼肥施

用点下方随着土壤深度增加, NO_3^- -N 质量比快速增加并逐渐趋同于稳定,之后开始逐渐下降,整体变化趋势呈典型的“几”字形,利用 SPSS 软件对试验结果进行显著性分析后可知,土壤垂直剖面上各组 NO_3^- -N 质量比最高点所在的土壤深度与沼肥的施用深度在 0.01 水平上呈显著正相关($R = 0.978, P = 0, n = 6$)。结合图 9 和图 10 还可以看出 NO_3^- -N 在整个土壤垂直剖面上的分布和扩散区域明显大于 NH_4^+ -N。

3 结论

(1) 表施沼肥时,土壤表面的 NH_3 挥发累积量和挥发的延续时间均随沼肥施用量的增加而增加,呈显著正相关,并且 NH_3 挥发累积量与表施沼肥的施氮量呈一元线性回归关系,且相关性较好;土壤垂直剖面上的含水率、总氮质量比和 NH_4^+ -N 质量比均主要分布于 0 ~ 5 cm 的表层土壤,而 NO_3^- -N 可迁移至较深层土壤,在 0 ~ 20 cm 土壤深度范围内的质量比均较高。

(2) 底施沼肥时, NH_3 挥发累积量随着沼肥施用深度的增加而减少,通过土壤覆盖,可有效减少沼肥的 NH_3 挥发损失,施用深度为 10 cm 时便可有效减少土壤表面的 NH_3 挥发损失,同时土壤垂直剖面上的含水率和总氮、 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 质量比的最高点均与沼肥施用深度呈显著正相关,通过沼肥底施可有效减少沼肥的水分和氮素损失,使其富集在有效土壤耕层内,提高养分利用率。

(3) 结合沼肥表施和底施时的 NH_3 挥发,以及土壤垂直剖面上的含水率和总氮、 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 的分布情况可以得出沼肥的较优施用深度为 10 cm,沼肥施用量根据作物种类及施用时间确定。

参 考 文 献

- 1 Nikolai Svoboda, Friedhelm Taube, Babette Wienforth, et al. Nitrogen leaching losses after biogas residue application to maize [J]. Soil and Tillage Research, 2013,130: 69 – 80.
- 2 Terhoeven-Urselmans T, Scheller E, Raubuch M. CO_2 evolution and N mineralization after biogas slurry application in the field and its yield effects on spring barley[J]. Applied Soil Ecology, 2009, 42(3): 297 – 302.
- 3 隋倩雯,董红敏,朱志平,等. 沼液深度处理技术研究与应用现状[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(1): 83 – 87. Sui Qianwen, Dong Hongmin, Zhu Zhiping, et al. Present status of biogas effluent treatment technology research and application [J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2011, 13(1):83 – 87. (in Chinese)
- 4 宋成芳,单胜道,张妙仙,等. 畜禽养殖废弃物沼液的浓缩及其成分[J]. 农业工程学报,2011,27(12):256 – 259. Song Chengfang, Shan Shengdao, Zhang Miaoxian, et al. Concentration and determination of composition of biogas slurry [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(12): 256 – 259. (in Chinese)
- 5 李彦超,廖新倮,林东教,等. 不同沼液灌溉强度对土壤和渗滤液的影响[J]. 家畜生态学报,2009,30(4):52 – 56. Li Yanchao, Liao Xindi, Lin Dongjiao, et al. Effects of irrigation intensity of fermented slurry on soil and leaching liquid[J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2009,30(4):52 – 56. (in Chinese)
- 6 吴树彪,崔畅,张笑千,等. 农田施用沼液增产提质效应及水土环境影响[J]. 农业机械学报,2013,44(8):118 – 125,179. Wu Shubiao, Cui Chang, Zhang Xiaoqian, et al. Effect of biogas slurry on yield increase, quality improvement, water and soil

environment[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(8): 118 – 125, 179. (in Chinese)

7 张国治, 吴少斌, 王焕玲, 等. 大中型沼气工程沼渣沼液利用意愿现状调研及问题分析[J]. 中国沼气, 2009, 28(1): 21 – 24.
Zhang Guozhi, Wu Shaobin, Wang Huanling, et al. Survey and analysis on state of public intention for utilizing digestate from large and medium size biogas plants[J]. China Biogas, 2009, 28(1): 21 – 24. (in Chinese)

8 王朝辉, 刘学军, 巨晓棠, 等. 田间土壤氨挥发的原位测定-通气法[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(2): 205 – 209.
Wang Zhaohui, Liu Xuejun, Ju Xiaotang, et al. Field in situ determination of ammonia volatilization from soil: venting method [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2002, 8(2): 205 – 209. (in Chinese)

9 徐万里, 刘骅, 张云舒, 等. 新疆灰漠土区不同肥料配比土壤氨挥发原位监测[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4565 – 4571.
Xu Wanli, Liu Hua, Zhang Yunshu, et al. In situ monitoring of ammonia volatilization from grey desert soil under different in Xinjiang[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(8): 4565 – 4571. (in Chinese)

10 乔云发, 韩晓增, 赵兰坡, 等. 黑土氮肥氨挥发损失特征研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(1): 198 – 201.
Qiao Yunfa, Han Xiaozeng, Zhao Lanpo, et al. Researches on ammonia volatilization loss characters of nitrogen fertilizer from black soil[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2009, 23(1): 198 – 201. (in Chinese)

11 李松林. 大量施用沼液稻田氮素动态特征及其对环境的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
Li Songlin. Nitrogen dynamics in paddy field after irrigation of biogas slurry and its impact on the environment[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2011. (in Chinese)

12 靳红梅, 常志州, 郭德杰, 等. 追施猪粪沼液对菜地氨挥发的影响[J]. 土壤学报, 2012, 49(1): 86 – 95.
Jin Hongmei, Chang Zhizhou, Guo Dejie, et al. Effect of topdressing with digested pig slurry on ammonia volatilization in vegetable fields[J]. Acta Pedologica Sinica, 2012, 49(1): 86 – 95. (in Chinese)

13 苏海英. 新疆盐渍化土壤上氮肥的主要转化过程与氨挥发损失研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2008.
Su Haiying. The transformation process and ammonia volatilization losses of nitrogen in Xinjiang salinization soil[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2008. (in Chinese)

14 彭永红. 沼液施加对土壤氮分布及温室气体排放的影响[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
Peng Yonghong. Effect of pig manure on distribution of nitrogen and greenhouse gases emission[D]. Hangzhou: Zhejiang A&F University, 2012. (in Chinese)

15 陈晓歌, 马耀光. 不同灌水和施氮对黄土性土壤中 NO_3^- -N 迁移和淋失的影响[J]. 水土保持研究, 2008, 15(5): 109 – 115.
Chen Xiaoge, Ma Yaoguang. Effect of different irrigation water and nitrogen rate on transfer and leach soil NO_3^- -N in loess soil [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2008, 15(5): 109 – 115. (in Chinese)

16 张国桢, 黄占斌, 李世清, 等. 不同外源氮对石灰性土壤硝化作用的影响及其动力学分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5): 1147 – 1155.
Zhang Guozhen, Huang Zhanbin, Li Shiqing, et al. Effects of different exogenous nitrogen sources on nitrification in limy soil and its kinetic analysis[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2011, 17(5): 1147 – 1155. (in Chinese)

**Influence of Biogas Slurry Application on Ammonia
Volatilization and Nitrogen Infiltration**

Wang Zhongjiang Cai Kangni Wang Lili Wang Guangyuan Li Wenzhe
(College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to investigate the law of ammonia volatilization and nitrogen infiltration in the process of biogas slurry application, the influence rules of different application rate and depth of biogas slurry on the ammonia volatilization of the soil surface and the infiltration of total nitrogen, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen in vertical soil profile were explored systematically by soil column experiments at room temperature. The experimental results showed that the total ammonia volatilization of the soil surface and the duration of volatilization were all positively correlated with biogas slurry application rate. The moisture content, total nitrogen and ammonia nitrogen in vertical soil profile were mainly distributed in topsoil. But the nitrate nitrogen had migrated to deep layer soil with the water infiltration of biogas slurry. The total ammonia volatilization of the soil surface decreased with the increase of biogas slurry application depth when the biogas slurry was used as basic fertilizer. The ammonia volatilization rate of biogas slurry could be effectively reduced when the biogas slurry application depth was ten centimeters. And the peaks of total nitrogen, ammonia nitrogen and nitrate nitrogen in vertical soil profile were all positively correlated with biogas slurry application depth.

Key words: Nitrogen Biogas fertilizer Application rate Application depth