

# 农田养分再循环研究

## IV. 防止粪肥氨挥发的研究

钱承樑 鲁如坤

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

### 摘 要

研究了畜禽粪肥和人粪肥在分别添加稻草; 潮土; 红壤; 过磷酸钙等物质后, 各自的氨挥发曲线的特征, 为在田间条件下谋求有效防止粪肥氨挥发的措施提供一定的理论依据。

**关键词** 养分再循环; 粪肥; 氨挥发

我国施用有机肥料的历史悠久, 但近年来有机肥料特别是各类粪肥使用量大为减少, 为了保持我国农业生产的持续发展和提高经济效益, 应当更加重视有机肥的施用, 以利农田养分再循环。我国农田养分循环的主要对象是人畜粪肥和作物秸秆<sup>(1)</sup>, 尤其是人畜粪肥, 但农田养分再循环也带来一系列环境问题, 氨的挥发就是其中问题之一。本文试图探索在田间条件下防止氨挥发的措施。

### 1 材料与方 法

供试粪肥与“农田养分再循环研究Ⅲ”中样品同<sup>(2)</sup>(即猪、牛、马、羊、兔、鸡6种畜禽粪肥和人粪肥), 均系不含尿液之纯粪。样品采自江苏省农科院畜牧场和南京农业大学。

试验采用了在新鲜粪肥中分别加入稻草、土壤、过磷酸钙和工业废硫酸等添加物处理。这是基于各地农村有在畜圈中加垫稻草和土壤的习惯, 稻草和土壤均能吸附粪肥中的养分和防止氨的挥发。试验选用酸性和碱性土壤各一个, 以了解土壤反应对粪肥氨挥发的影响。过磷酸钙处理既能防止粪肥中氨的挥发, 又可提高厩肥质量, 取材也方便。添加硫酸目的在于利用工业废酸吸收粪肥中的挥发性氨, 防止肥料氮素损失及对环境的污染。各处理如下:

1. 鲜粪 5.00g(即上述7种粪肥的单个样品, 下同); 2. 鲜粪 5.00g+稻草 0.25g(细碎度约1mm左右); 3. 鲜粪 5.00g+潮土 2.00g(采自河南封丘, pH8.75); 4. 鲜粪 5.00g+红壤 2.00g(采自江西鹰潭, pH 4.88); 5. 鲜粪 5.00g+过磷酸钙 0.50g; 6. 鲜粪 5.00g+0.5mol/L 硫酸 0.25ml。

将上述各添加物分别与7种粪肥混合组成42个处理, 将混匀物装入盖有表面皿的500ml广口瓶内自然挥发, 定时调整水分, 挥发性氨每2天测定1次, 用硼酸溶液吸收, 再用标准酸溶液滴定。连续测到第50天后, 改为每5天测1次, 再继续测到第90天, 并在第125天进行最后1次测定。

供试粪肥的基本情况列于表1。

表1 供试粪肥的基本性状

基本性状	马粪	牛粪	羊粪	兔粪	猪粪	鸡粪	人粪
含水量(g/kg)	778	844	748	678	700	766	820
有机碳 C(g/kg)	389.7	355.6	342.7	355.3	345.8	292.4	401.1
全氮 N(g/kg)	15.4	18.9	22.0	23.0	24.0	29.4	67.4
C/N	25.3	18.8	15.6	15.5	14.4	10.0	6.0
氨挥发总量(90天时间)mgN	0.36	1.81	4.82	6.94	9.75	17.69	30.47
氨挥发强度*mgN/日	0	0.285	0.435	0.572	0.630	1.352	0.956
氨挥发率%	2.1	12.6	17.7	18.5	27.9	52.7	51.3

\*为快速挥发期的平均日挥发量。

## 2 试验结果

### 2.1 添加稻草对粪肥氨挥发的影响

粪肥添加稻草后,能降低氨的挥发量。如马粪,90天的氨挥发量仅为对照(纯粪)的38.9%,羊粪为59.1%,牛粪为74.6%,猪粪为80.1%。然而,兔粪添加稻草后,氨的挥发量略有上升,为对照的108.7%。人粪和鸡粪添加稻草后前期氨挥发量增加,至第50天后才有所下降(图1)。人粪添加稻草后,能明显的加速矿化及氨化作用,提前释放出大量的氨,仅10天时间内,氨挥发量即达9.70mgN,而此时对照(未添加稻草的纯粪)的氨挥发量尚为零;至20天时,添加稻草的氨挥发量已为对照的228.1%,至40天时,其氨挥发量仍高于对照。

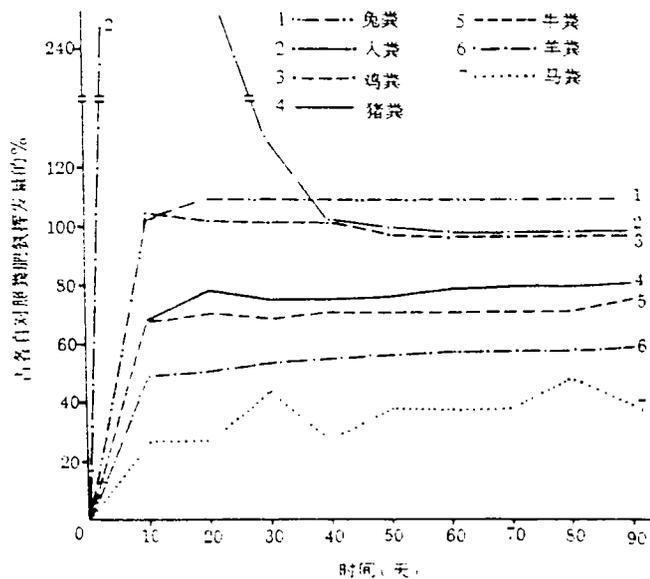


图1 添加稻草对粪肥氨挥发的影响

试验所用的稻草,其含碳量为355.1(g/kg),与试验粪肥的含碳量相近,但稻草的含氮量较低,因而稻草具有较高的C/N比。粪肥添加稻草后,既提高了粪肥的C/N比,又增加了对养分的吸附作用,故稻草对粪肥有保肥保氮的综合效果。

### 2.2 添加潮土对粪肥中氨挥发的影响

粪肥添加潮土后，对粪肥中挥发性氨有如下的影响：一是能防止部分粪肥中的氨挥发损失，如马粪添加潮土后，90天的氨挥发量，降低为对照的72.2%，牛粪降为72.9%，羊粪降为89.9%；二是潮土能促进某些粪肥中的氨挥发，如鸡粪90天的氨挥发量为对照的106.0%，人粪为111.1%，猪粪为111.6%。潮土对促进兔粪氨挥发量的增加尤为突出，为对照的211.4%。并且可以看出，氨挥发量受到抑制的大都是含氮量和氨挥发量偏低的粪种，而对氨有促进作用的多为含氮量和氨挥发量较高的粪种。

图2显示了潮土对人粪中挥发性氨的促进作用，使人粪出现挥发性氨的时间由对照的第13—14天，提早为添加潮土后的第1—2天。人粪(对照)产生的挥发性氨的主要时段在第14—45天期间，而添加潮土后，氨挥发性时间则主要时段在第2—20天期间，这样供氮的时间既有所提前又有所集中，因而人粪肥更趋速效。添加潮土还提高了人粪的氨的挥发强度，表现为二个挥发峰之间的时间距缩短了，峰值亦大为提高。

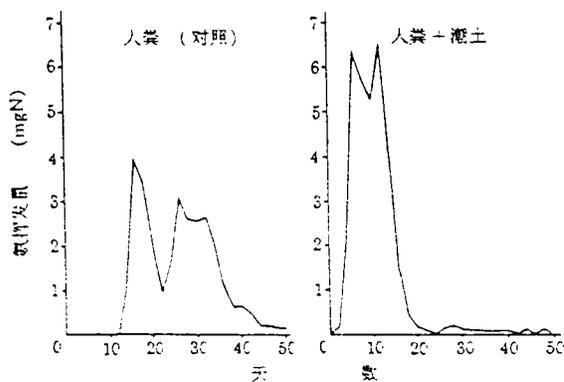


图2 添加潮土对人粪氨挥发的影响

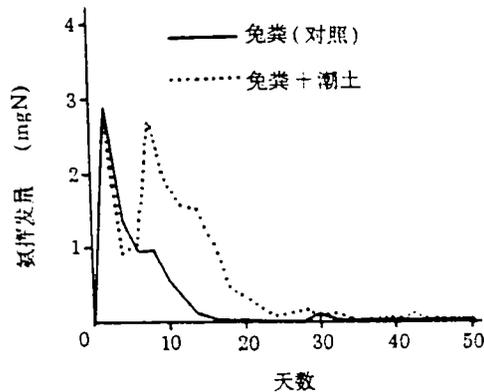


图3 添加潮土对兔粪氨挥发的影响

兔粪添加潮土后，明显延长了快速挥发的时间(由对照的12天延长至22天)，还出现了比第一个峰值更强劲的第二波峰，呈现出异峰突起状态，这就使氨挥发的强度得到了增强。最终使兔粪氨挥发量比对照增加1倍以上。所以，潮土对兔粪中氨的挥发具有明显的激励效应，这在很大程度上提高了兔粪中有机氮的有效率(图3)。

粪肥添加潮土，对粪肥中氨的挥发影响具有双重性：即潮土中的粘土矿物既能固定粪肥中的部分有效氮(主要是 $NH_4^+$ )，而固定的氨在作物生长期期间，大部分又可重新释放出来供作物吸收。因而，土壤中粘土矿物对肥料氮的固定，有利于改变肥料氮的供应特点和减少其损失<sup>(3)</sup>。当然，潮土的碱性反应也会促进氨的挥发。

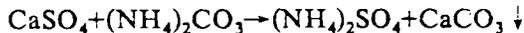
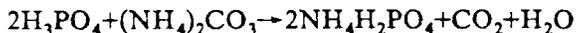
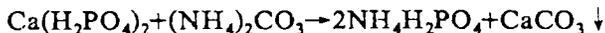
### 2.3 添加红壤对粪肥中氨挥发的影响

添加红壤对粪肥氨挥发的影响，与添加潮土的效果近似，即红壤能降低部分含氮量较低的粪肥中氨挥发量。如90天的马粪，氨挥发量降低为对照(纯粪)的16.7%，牛粪降为对照的46.4%，羊粪为对照的90.5%。但是粪肥经红壤处理后同样也能提高氨的挥发量。人粪90天的氨挥发量为对照的106.8%，猪粪为108.4%，鸡粪为110%，兔粪增加较多，为对照的155.5%。

猪粪的氨挥发过程，虽然90天的氨挥发量要比对照为高，但在60天以前氨的挥发量一直低于对照，因此只要时间掌握得当，可用红壤来垫猪圈，因为红壤对牛、马粪肥中挥发的氨吸收更多，另外红壤对多数粪肥氨挥发曲线的峰值有影响，它能抑制粪肥氨挥发过程中的第一挥发峰，促进第二挥发峰。例如羊粪的第一个峰高于第二个峰，但添加红壤后，第二个峰值明显高于第一个峰值。这反映了粪肥加入红壤后，从一开始即对氨挥发强度产生了明显的抑制作用，但多半为期不长，在7—8天的时间内，这种抑制作用便渐趋消失。只有马粪在添加红壤后50天的时间内，全部停止了氨的挥发。

2.4 添加过磷酸钙对粪肥中氨挥发的影响

过磷酸钙的保氮作用是多方面的，因为其成分中无论是磷酸钙、石膏还是游离酸，都能将粪肥中易挥发的碳酸铵转化为比较稳定的酸性磷酸铵或硫酸铵<sup>(4)</sup>，反应如下：



试验证明，过磷酸钙在抑制氨挥发的作用方面，确是一种性能优良的化学添加剂。过磷酸钙加入各种粪肥后对氨挥发的防止作用见图4。

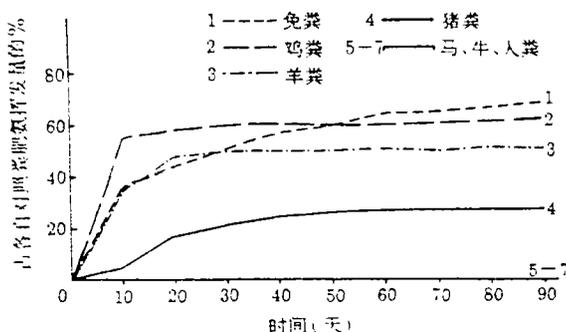


图4 添加过磷酸钙对粪肥氨挥发的影响

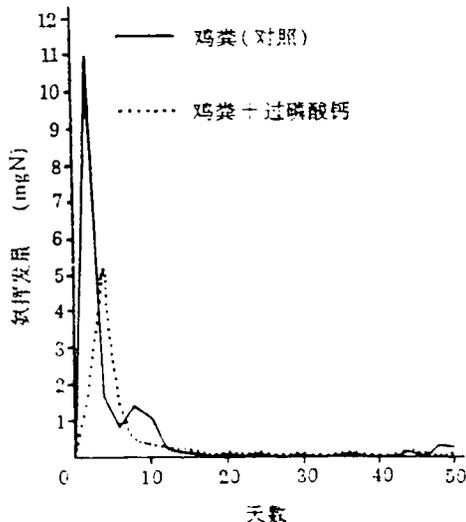


图5 添加过磷酸钙对鸡粪氨挥发的影响

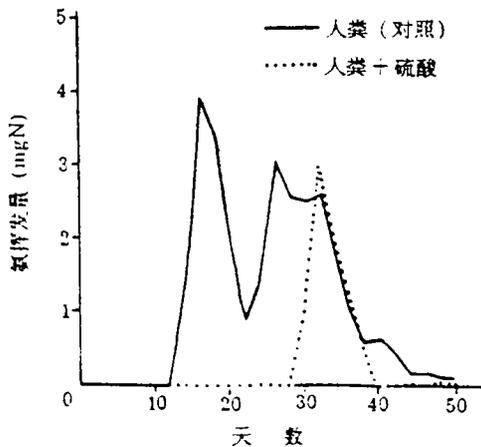


图6 添加硫酸对人类粪氨挥发的影响

图4显示,7种粪肥添加过磷酸钙,都具有防止氨挥发的作用,尤其对抑制马、牛和人类的氨挥发效果奇佳,几乎达到百分之百的防止作用。

过磷酸钙加入粪肥后,多数粪肥的氨挥发曲线趋于平缓,唯有鸡粪保留了原先的峰形(图5),但峰值骤降了5.93mgN,第2个峰位滞后了两天也渐趋消失。

表2 各种添加物质对粪肥中挥发性氨的吸收量\*

粪肥种类	每1t鲜粪的氨挥发总量(gN)	添加物质	每单位重量添加物质对氨的吸收量(gN/kg添加物质)	每亩施用1t鲜粪时添加物质对氨的吸收量(gN)
牛粪	362	稻草	1.84	92
		潮土	0.25	100
		红壤	0.49	196
		过磷酸钙	3.62	362
		硫酸	35.99	92
猪粪	1950	稻草	7.76	388
		潮土	-0.57	-228
		红壤	-0.41	-164
		过磷酸钙	14.18	1418
		硫酸	50.08	128
鸡粪	3538	稻草	2.40	120
		潮土	-0.53	-212
		红壤	-0.88	-352
		过磷酸钙	13.34	1334
		硫酸	-33.65	-86
羊粪	964	稻草	7.88	394
		潮土	0.25	100
		红壤	0.23	92
		过磷酸钙	4.76	476
		硫酸	-44.60	-114
兔粪	1388	稻草	-2.40	-120
		潮土	-3.87	-1548
		红壤	-1.93	-772
		过磷酸钙	4.40	440
		硫酸	32.08	82
马粪	72	稻草	0.88	44
		潮土	0.05	20
		红壤	0.15	60
		过磷酸钙	0.72	72
		硫酸	10.17	26
人粪	6094	稻草	2.72	136
		潮土	-1.70	-680
		红壤	-1.04	-416
		过磷酸钙	60.94	6094
		硫酸	1347.00	3444

\*氨的挥发总量和吸收量均为90天时间。“-”号代表负吸收,是比对照(纯粪)增加的氨挥发量。

## 2.5 添加硫酸对粪肥中氨挥发的影响

将工业废硫酸添加到粪肥后,易挥发的氨将转变为较稳定的硫酸铵或暂时形成酸性介

质,使氨化细菌及其他微生物的生长受到抑制,从而减少氨的挥发。但在利用工业废酸时,不可用含有三氯乙醛的废酸,以免将有害物质带入农田造成污染。

粪肥添加硫酸后也可不同程度地降低各类粪肥的氨挥发强度。人粪添加硫酸后,其氨挥发的起始挥发期较对照延迟16天;快速挥发期较对照短22天,并使氨挥发曲线的第一个峰值下降,第二个波峰消失,最终导致氨挥发总量显著降低(图6)。

在江西进行的预备试验表明,当硫酸用量较上述试验高出1倍时,经挥发5天后,猪粪的氨挥发损失为零,而对照的氨挥发量为2.65mgN。说明提高硫酸用量,对防止粪肥氨挥发损失的效果更佳。

## 2.6 各种添加物质的吸收性能及应用

由于各添加物的性质和所使用的数量不同,它们对粪肥中氨的吸收表现出较大的差异,现将各添加物对粪肥中挥发性氨的吸收状况列于表2。

从每公斤添加物质对粪肥中氨的吸收量的比较中可以看出,以硫酸的单位吸收量(包括负吸收)为最高,其次是过磷酸钙及稻草,红壤与潮土的单位吸收量都是最低的。

从各添加物质对等量(1吨)鲜粪中的氨吸收数量来看,均以过磷酸钙的吸收量最高,硫酸的吸收量并不高(除人粪外),有的甚至比稻草与红壤中的吸收量还低。

从各种粪肥选用最佳添加物来看,过磷酸钙应是各类粪肥的首选添加物。此外,牛粪还可选用红壤;猪粪和羊粪可选用稻草;马粪也可选用红壤及稻草,人粪可选用硫酸作为吸收氨的较佳添加物质。

从经济角度考虑,在所推荐的各类添加物质中,除硫酸外,稻草可以还田作有机肥;过磷酸钙作为磷肥使用,红壤与潮土均可就地取材。

以上各类添加物质,只要使用合理,不仅能防止粪肥中氨的挥发,避免肥料氮素的损失,同时也会产生一定的经济效益,尤其是它们对人类健康及环境不会产生不利的影响。

## 参 考 文 献

- [1] 鲁如坤、时正元、钱承祿,我国农田养分再循环——潜力和问题,中国农业科学,1993,26(5):1-6.
- [2] 钱承祿、鲁如坤,农田养分再循环研究Ⅲ,土壤,1994,26(4):169-174.
- [3] 朱兆良,我国土壤氮素转化与氮素管理研究工作的回顾和展望,李庆远与我国土壤科学的发展,江苏科学技术出版社,1992,78-83.
- [4] 浙江农业大学主编,农业化学,上海科学技术出版社,1980,200-205.