

表面分子膜抑制稻田氨挥发的模拟研究^①

庄舜尧 尹 斌 朱兆良

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

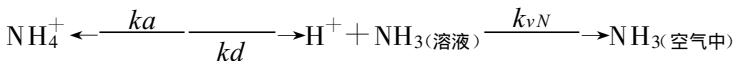
摘 要 在温室盆钵试验中模拟研究了表面分子膜对稻田水体氨挥发的影响。结果表明,在无土存在下的铵溶液体系中,应用表面分子膜后,氨挥发受到明显抑制,抑制效果与膜的用量密切相关,氨挥发累计量随时间变化的关系可用方程描述,在铵溶液—土壤体系中,表面分子膜的抑制效果低于在纯铵溶液中的效果;采用 Demeyer 模型对加膜后的氨挥发情况进行了考察。

关键词 表面分子膜;氨挥发;Demeyer 模型

我国是世界上氮肥用量最大的国家,1998 年氮肥用量达到了 2400 余万吨(N),占世界总消费量的近 1/3^[1]。然而氮肥利用率仅有 30~41%^[2],大量的化肥氮通过各种途径损失而进入环境,这不仅造成重大的经济损失,而且还给环境带来了巨大的压力,如水体富营养化和大气臭氧层的破坏等^[3]。因而,减少氮肥损失、提高氮肥利用率始终是土壤学的研究重点。

水稻是我国的主要粮食作物和施肥的重点作物之一。稻田中氮肥的主要损失途径有:硝化—反硝化、氨挥发、淋洗、径流等,其中氨挥发损失可达施入量的 9~42%^[4]。因此,减少水稻田中氨的挥发损失量是提高氮肥利用率的一个有效途径。

在水体中 NH_3 挥发过程可用下式表示:



其中, k_a 、 k_d 分别为 $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ 的合成和解离常数, k_{vN} 为 NH_3 挥发速率常数。显然,氨挥发量取决于田面水中氨(铵)的浓度和氨挥发的速率常数 k_{vN} ^[5]。速率常数是与风速、温度和水质深度有关的参数。铵的浓度取决于氮肥的种类以及施用量和施用方法等。风速、温度和水质深等因素主要是通过影响气相—液相之间物质交换而影响氨挥发速率常数。从理论上讲,我们所采用的表面分子膜就是通过降低气液两相间的物质交换来降低氨挥发损失的。已有研究表明表面分子膜确实可以有效降低盆钵和田间氨挥发损失量^[6,7],为了确定实际田间情况下分子膜的适宜用量以及对氨挥发的影响程度,就有必要对分子膜用量和氨挥发之间的定量关系作一深入研究。本研究试图通过模拟试验对不同用量的表面分子膜降低氨挥发的作用以及对土壤对铵吸附的影响作一探讨。

1 材料和方法

本试验采用的表面分子膜是以高碳醇(16+18 烷醇)乳化后配制成的乳剂,能溶于水,其理论成膜用量为 $0.2\text{g}/\text{m}^2$ ^[5]。试验采用 $800\times 800\times 120\text{mm}$ 正方形 PVC 盆作为容器,总容积 76.8 升。试验开始前,盆钵中盛有硫酸铵溶液 64 升,水层厚度 10cm,硫酸铵的初始浓

① 本项目由国家自然科学基金资助(批准号:39790100)

度为(NH₄⁺)100mg/L,用10mol/L NaOH 调节其pH至10。试验分2组进行。第1组为在铵溶液中加入不同用量分子膜的试验,其用量为:0,0.5,1.0,2.0,4.0和8.0g/m²(以配制成的乳剂计)。第二组试验设4个处理,即:(1)铵溶液,(2)铵溶液+分子膜,(3)铵溶液+土,和(4)铵溶液+土+分子膜。供试土壤为红壤地区水稻土,土壤经风干、压碎过20目筛备用。每盆土壤加入量为1kg,平铺于盆钵底部,土层厚度小于1mm;分子膜的用量为3g/m²。水体中铵浓度用蒸馏法测定。每次取样量为50ml,取样后用高度标记法(精度1mm)记录容器中的水量。以溶液中加入的铵量与残留量之差计得氨挥发损失量。

2 结果和讨论

2.1 表面分子膜对无土存在的铵溶液中氨挥发的影响

在无土存在的铵溶液中,表面分子膜因增大水分蒸发和氨挥发的阻力而降低氨挥发。本试验的结果表明,膜对氨挥发的抑制效果受其用量的显著影响。在试验的144小时期间的氨挥发累积量(图1)的结果表明,以膜用量为4g/m²(处理5)的抑制效果为最佳,比对照的损失减少约30%。

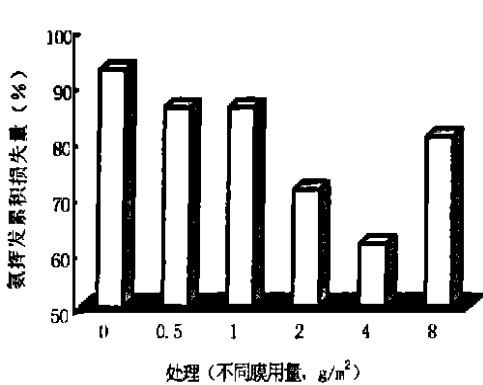


图1 铵溶液中不同膜用量处理中的氨挥发累积量(144小时)占加入量的%

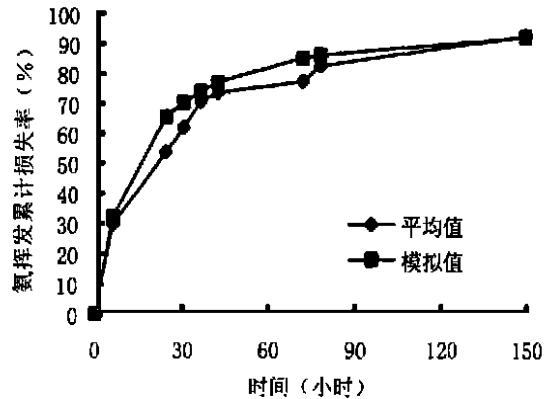


图2 铵溶液中无膜处理的氨挥发随时间的变化

随时间的变化,即使是同一处理的氨挥发速率也是会发生变化的,这主要是由于氨挥发速率与氨的即时浓度和环境条件相关。在持续的氨挥发过程中,水体中氨的浓度逐渐下降,氨的挥发速率也随之下降。在稳定的环境条件下,氨的挥发量与时间呈线性关系,这种线性关系可以用方程 $L = (1 - \frac{1}{1 + kt}) \times 100$ 加以表述(图2),这里L为氨挥发累积损失百分率,t为时间,k为方程系数。

同样,用此方程对铵溶液中不同膜用量下不同时间的氨挥发情况进行了模拟计算,计得的参数k值列于表1。

表中的参数k表征了氨挥发损失速率的大小,k值越小,表示损失速率越慢,反之亦然。可以看到,当膜用量为4g/m²时k值最小,为0.012,也就是说该用量时表面分子膜对水体

膜用量	0	0.5	1	2	4	8
参数k	0.072	0.032	0.032	0.017	0.012	0.024
相关系数R	0.993**	0.929**	0.934**	0.987**	0.970**	0.976**

**P>0.01(n=6)

氨挥发抑制的效果最佳。分子膜用量过高时,其对氨挥发的效果反而下降,这可能是由于在

高浓度下, 乳剂的悬浊液浓度超过饱和浓度而降低成膜效果所致, 我们在实际试验过程中也观察到了这一现象。

同时, 我们发现, 参数 k 值与膜用量之间存在一个相关关系, 这一关系可以用下式来描述:

$$k = 0.0024Q_f^2 - 0.0227Q_f + 0.0566, \text{ 相关系数 } R = 0.8785^* (5\% \text{ 水平显著})$$

这里, Q_f 为分子膜用量。

根据这个关系式, 我们可以计算出最小 k 值时的膜用量为 $4.73\text{g}/\text{m}^2$, 此时也就是氨挥发抑制效果最佳时的膜用量。

2.2 表面分子膜对铵溶液—土壤体系中氨挥发的影响

有土壤存在时, 溶液中铵的去向则比较复杂, 除氨挥发外, 还有土壤颗粒对水溶液中铵离子的吸附和固定, 土壤微生物对铵的生物固持和硝化作用等。而且, 由于分子膜是易为微生物降解的的乳化物, 在土壤和微生物的存在下, 其分解将加快, 因此, 微生物的活动是决定分子膜在体系中存在时间的主要决定因素。综合这两方面来看, 铵溶液—土壤体系中的氨挥发将明显不同于铵溶液体系。从结果来看(图 3), 在土壤存在时, 盆钵中水体的铵浓度的降低速率要大于相应的无土处理。可以说, 这主要是由于氨挥发后所产生的结果, 因为在试验体系中, 所加入的土壤量很少, 即使土壤处于饱和吸附情况下, 其所占铵量比例不到盆钵内铵总量的 1%; 同时, 由于培养时间较短, 微生物的作用不是很明显, 只有到后期才发现有明显的藻类生长, 所以通过生物作用的铵损失比例很小。

同时, 图 3 结果还表明, 有土存在时, 分子膜对氨挥发的抑制效果为 16% (150 小时, 与无膜对照相比), 不如无土处理的 27%。这里计算时不包括土壤吸附量和硝化—反硝化损失量, 因为即使到试验后期, 土壤对铵的饱和吸附总量也不会超过溶液中总量的 2%, 小于试验误差。还可以发现, 无土时, 有膜处理累计损失率始终小于对照, 但有土时, 情况却不是这样, 到时间超过 90 小时后, 有膜处理反而不如无膜处理。

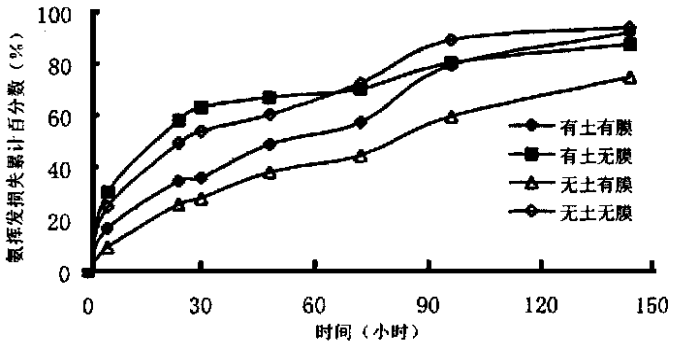


图 3 有土无土时表面分子膜对氨挥发的影响

这表明, 在有土体系中加入表面分子膜, 到后期将促进藻类生长。

2.3 抑制氨挥发的模型计算

描述水体中氨挥发的模型已有较多的报道^[8,9]。我们根据 Demeyer 提出的氨挥发经验模型来考察添加表面分子膜后的水体氨挥发情况。

表 2 不同分子膜用量下的参考 c 值 (这里: 最大损失量=初始加入量)

分子膜用量 (g/m^2)	0	0.5	1	2	4	8
无土壤时 c 值	0.016	0.015	0.013	0.008	0.006	0.012
有土壤时 c 值	0.022	0.018	0.016	0.013	0.010	0.014

这里采用的通式为: $Y = a[1 - \exp(-ct)]$, 其中 Y 为氨挥发累计损失量, a 为最大损失量, c 为氨挥发平均速率参数, t 为时间。

于是, 将试验结果计算后可以得到以下结果:

可以看出,加膜后 c 值都要比对照低,也就是说加膜处理后氨挥发平均速率要小于对照;同时,不同膜用量时 c 值也各不相同,以 $4\text{g}/\text{m}^2$ 用量时最小;比较有无土壤处理时,可以发现 c 值的差异,有土壤时要大于相应的无土壤处理,说明土壤存在对氨挥发的影响很大,同时也影响了分子膜对氨挥发的抑制效果。

3 结 论

结果表明,表面分子膜可以有效降低水体的氨挥发量,但降低的效果与表面分子膜的用量有关,以 $4\text{g}/\text{m}^2$ 用量时为最佳;数学的模拟计算得到的最佳膜用量为 $4.73\text{g}/\text{m}^2$;在有土壤存在的铵溶液—土壤系统中,表面分子膜的使用也可以有效降低氨挥发量,但效果不如纯铵溶液体系;采用 Demeyer 模型分析计算了添加表面分子膜后的氨挥发,根据参数 c 描述了分子膜抑制氨挥发的差异。

参 考 文 献

- 1 中国农业年鉴编辑部. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社, 1999, 384
- 2 朱兆良, 文启孝主编. 中国土壤氮素. 南京: 江苏科技出版社, 1992, 288 ~ 303
- 3 R. P. Fillery and S. K. De Datta. *Fert. Res.*, 1986(9): 78 ~ 98
- 4 蔡贵信, 朱兆良. 稻田中化肥氮的气态损失. *土壤学报*, 1995, 32(增刊): 128 ~ 135
- 5 Jayawera G. R. and Mikkelsen D. S. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1990(45): 1447 ~ 1455
- 6 G. X. Cai, J. R. Freney, E. Humphreys, O. T. Denmead, M. Samson and J. R. Simpson. *Aust. J. Agri. Res.* 1987(39): 177 ~ 186
- 7 Yin Bin, Shen Renfang and Zhu Zhaoliang. *Pedosphere*, 1996, 6(4): 329 ~ 334
- 8 Demeyer P., G. Hofman, and O. Van Cleemput. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (59): 261 ~ 265
- 9 Jayawera G. R. And Mikkelsen D. S. *Soil Sci. Am. J.* 1990. (54): 1456 ~ 1462