

不同品种尿素施入土壤后 pH 值的变化和氨气释放差异*

蒋朝晖^{1, 2} 曾清如^{1*,} 皮荷杰¹ 毛小云³ 廖宗文³

(1 湖南农业大学资源环境学院, 长沙, 410128; 2 长沙理工大学化学与生物工程学院, 长沙, 410004
3 华南农业大学资源环境学院, 广州, 510642)

摘 要 通过室内模拟研究了 4 种尿素 (普通尿素、保水型控释尿素、德国缓释尿素、矿物改性包膜尿素) 施入土壤后 pH 值的变化和氨气释放的差异. 结果表明, 施入德国缓释尿素 pH 值下降速度最慢, 但氨气挥发量最多, 五周内 在冲积菜园土中为 25.65%, 红菜园土中为 16.68%. 施入矿物改性包膜尿素 pH 值下降最快, 但氨气挥发量最少, 五周内 在冲积菜园土中为 8.07%, 红菜园土为 5.19%. 这是由于德国缓释尿素中含有双氰胺 (DCD), 抑制硝化反应, 因此, pH 值下降缓慢, 氨气挥发量大. 矿物改性包膜尿素外层为磷矿粉, 能缓解尿素的溶解, 降低氮的释放, 减少氨气挥发.

关键词 尿素, 氨, 土壤.

尿素施入农田后氨挥发是主要的损失途径之一^[1]. 在目前的农业生产水平下, 控制氨挥发有三大途径: 一是改进施肥技术, 二是添加化学物质, 三是研制新型肥料. 近年来, 控 /缓释肥料已经成为国内外研究的热点^[2], 主要研究工作集中在新型控 /缓释肥料的开发和使用效果方面, 而对控 /缓释肥料使用产生的环境效应研究较少^[3-7].

本研究采用室内模拟试验, 研究了几种控 /缓释氮肥在土壤中氮的挥发, 探讨了氮挥发量与 pH 值之间的关系, 为评价控 /缓释肥料的环境效应, 改善控释氮肥的性能, 提高氮肥利用率提供科学依据.

1 实验部分

1.1 供试材料

土壤样品采自湖南农业大学农场冲积菜园土和红菜园土. 土样经自然风干, 过 2 mm 筛备用, 其基本理化性状见表 1. 肥料为普通尿素 (含 N 46.00%)、保水型控释尿素 (含 N 40.10%)、德国缓释尿素 (含 N 47.00%) 和矿物改性包膜尿素 (含 N 25.50%).

表 1 土壤的基本理化性状
Table 1 The basic physical and chemical properties of soils

土壤类型	采样地点	pH 值	有机质 /g• kg ⁻¹	CEC /mol• kg ⁻¹	碱解氮 /mg• kg ⁻¹	脲酶活性 /mg• kg ⁻¹ • h ⁻¹
冲积菜园土	实验基地	5.78	24.30	8.92	112	45.92
红菜园土	新公路旁	5.50	18.69	11.03	91	30.72

1.2 实验方法

实验设 4 种肥料和 2 种土壤共 8 个处理, 重复 3 次.

称取 150 g 土样置于培养皿中, 分别加入相当于含尿素 40 mmol• kg⁻¹ 土的各种肥料, 与土充分混匀, 然后加入 30 mL 蒸馏水, 使其保持湿润, 放入干燥器中, 旁边放置一个内盛 10 mL 3% 硼酸的小烧杯, 用碱性甘油密封干燥器, 室温下放置一周. 以甲基橙-溴甲酚绿混合指示剂作指示剂, 用硫酸标准液 (0.01 mol• L⁻¹) 滴定, 测定氨气的周挥发量.

同时取 5 g 相当于风干土的土样, 按水土比为 5: 1 的比例测其 pH 值, 5 周内连续测定 5 次.

根据测定结果选定一种较好的控释尿素——矿物改性包膜尿素。再用普通尿素和矿物改性包膜尿素 2 种肥料和 2 种土壤共 4 个处理，重复 3 次，按上述方法测其氨气日挥发量和 pH 值的日变化。

2 结果与讨论

2.1 根据土壤 pH 值的变化和氨气释放特性筛选优良的尿素品种

从表 2 可看出，一周后 pH 值上升到最大值，然后下降，但下降的速度在不同处理中却不同。在两种土壤中，施入德国缓释尿素 pH 值下降的速度最慢，第 5 周时，冲积菜园土中 pH 值仍高达 7.95，红菜园土为 7.12。施入矿物改性包膜尿素 pH 值下降最快，第 5 周时，冲积菜园土中 pH 值为 5.38，红菜园土为 5.58。在冲积菜园土中，施入普通尿素 pH 值下降速度大于保水型控释尿素，而在红菜园土中结果则相反。从整体上来说，各处理中 pH 值下降速度最快的时间集中在 2—4 周，第 5 周下降的幅度不大，也就是说硝化作用集中在第 2—4 周，与鲁如坤等人^[8]研究的结果相符。

表 2 施入不同尿素品种后土壤 pH 的周变化							
Table 2 The changes of soils pH over weeks by fertilizing different types of urea							
培养时间 / 周		0	1	2	3	4	5
冲积菜园土	普通尿素	5.79	8.84	8.37	6.86	5.82	5.65
	保水型控释尿素	5.78	9.01	8.55	7.03	6.18	6.08
	德国缓释尿素	5.79	9.01	8.95	8.50	8.11	7.95
	矿物改性包膜尿素	8.78	8.75	8.54	6.57	5.78	5.38
红菜园土	普通尿素	5.51	8.40	7.86	6.69	6.28	6.13
	保水型控释尿素	5.50	8.43	7.82	6.50	5.93	5.65
	德国缓释尿素	5.51	8.58	8.32	7.80	7.18	7.12
	矿物改性包膜尿素	5.50	8.45	7.93	6.49	8.51	5.58

从表 3 可看出，除矿物改性包膜尿素外，其它品种的肥料都是第 1 周氨气挥发最大，然后下降，而矿物改性包膜尿素是第 2 周氨气挥发最大，第 1 周次之。在 4 种肥料中，德国缓释尿素氨气挥发强度下降的速度缓慢，到第 5 周时还保持较高的水平，其它肥料都趋近为零。5 周内氨气挥发总量无论在冲积菜园土还是红菜园土，都是德国缓释尿素最大，矿物改性包膜尿素最低。

表 3 施入不同尿素后土壤中 NH ₃ -N 挥发的周变化									
Table 3 The changes of volatilization of NH ₃ -N over weeks by fertilizing different types of urea									
培养时间 / 周		氨挥发量 /mg·kg ⁻¹ 土					总量 /mg·kg ⁻¹ 土 总挥发率 /%		
		0	1	2	3	4			
冲积菜园土	普通尿素	0.00	65.71	42.56	7.47	1.50	0.75	117.99	10.42
	保水型控释尿素	0.00	79.89	58.98	20.16	4.86	2.61	166.51	14.71
	德国缓释尿素	0.00	85.87	63.47	56.00	47.79	37.33	290.46	25.65
	矿物改性包膜尿素	0.00	31.36	49.74	7.47	1.49	1.31	91.37	8.07
红菜园土	普通尿素	0.00	56.09	15.68	0.00	0.00	0.00	71.77	6.34
	保水型控释尿素	0.00	52.27	16.05	0.00	0.00	0.00	68.32	6.04
	德国缓释尿素	0.00	61.46	40.32	35.47	26.13	25.39	188.76	16.68
	矿物改性包膜尿素	0.00	27.02	31.73	1.12	0.00	0.00	58.75	5.19

由此可见，土壤 pH 值下降速度与氨气挥发强度呈负相关。施入矿物改性包膜尿素 pH 值保持较低水平，氨气挥发总量只有德国缓释尿素的三分之一，且在前 2 周内氨气挥发较为均衡，而施入德国缓释尿素 pH 值保持较高水平，氨气挥发强度最大，5 周内氨气挥发总量达到 25.63% (冲积菜园土)，从这个角度来看，矿物改性包膜尿素优于其它尿素品种。

2.2 普通尿素与矿物改性包膜尿素对土壤短期内 pH 值和氨气释放日变化的影响

从表 4 可知, 施用普通尿素土壤 pH 值的变化与施用矿物改性包膜尿素的差异较大, 普通尿素的 pH 峰值都大于矿物改性包膜尿素, 时间上也有所提前. 在冲积菜园土中普通尿素的 pH 峰值出现在第 7 天, 矿物改性包膜尿素 pH 的峰值出现在第 9 天; 在红菜园土中普通尿素 pH 的峰值出现在第 5 天, 而矿物改性包膜尿素 pH 的峰值出现在第 9 天. 峰值过后, 普通尿素下降速度快, 矿物改性包膜尿素下降缓慢, 到第 14 天时, 普通尿素的 pH 值都低于矿物改性包膜尿素.

从图 1 可知, 普通尿素施入土壤后, 第 1 天就有氨挥发, 第 5 天到第 9 天是氨挥发的高峰, 第 9 天后氨挥发逐渐减少; 而矿物改性包膜尿素的氨挥发无论在哪种土壤中均低于普通尿素, 这与杜建军^[9]的研究结果相似, 2 周内氨气挥发总量在两种土壤中都只有普通尿素的一半左右.

从表 4 和图 1 还可知, 氨气挥发的峰值出现的时间与 pH 峰值同步, 且矿物改性包膜尿素氨气挥发的峰值均低于普通尿素, 同一尿素在不同土壤中氨气挥发峰值出现的时间与大小也表现出差异, 冲积菜园土氨气挥发峰值大于红菜园土, 这与土壤的基本性质有关.

表 4 施入 2 种尿素后短期内土壤 pH 值的日变化
Table 4 The daily changes of soils pH in a short-term period by fertilizing 2 types of urea

培养时间 / 天		0	1	3	5	7	9	11	14
冲积菜园土	普通尿素	5.79	7.20	8.52	8.96	9.00	8.88	8.51	8.37
	矿物改性包膜尿素	5.78	6.53	7.82	8.61	8.70	8.81	8.55	8.54
红菜园土	普通尿素	5.51	7.26	8.60	8.86	8.33	8.31	8.04	7.86
	矿物改性包膜尿素	5.50	6.53	7.40	8.31	8.39	8.43	8.15	7.93

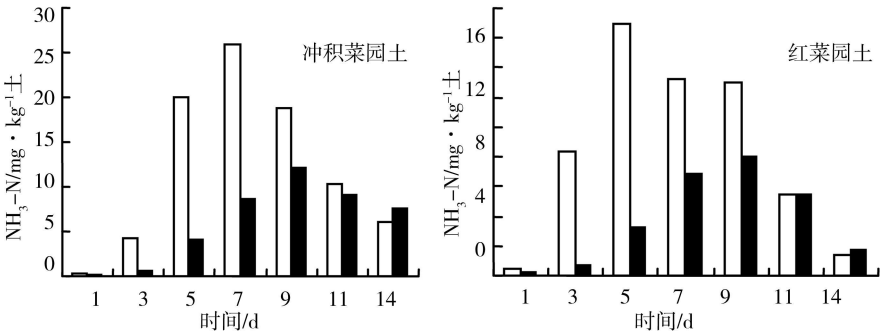


图 1 施入 2 种尿素品种后土壤中 NH₃-N 的日挥发量

□ 普通尿素 ■ 矿物改性包膜尿素

Fig 1 The daily volatilization of NH₃-N in soil by fertilizing 2 types of urea

土壤中挥发 NH₃-N 量与时间的关系用一元二次方程进行模拟, 结果如表 5 所示. 由表 5 可见, 无论是冲积菜园土还是红菜园土, 前 9 天施用矿物改性包膜尿素 NH₃-N 挥发速率低于普通尿素, 9 天以后与普通尿素相近, 这进一步表明尿素包膜后能减少氨的挥发.

表 5 施入 2 种尿素的土壤中 NH₃-N 挥发量与培养天数 (1—14d) 的关系

Table 5 The relationship between volatilization of ammonia and incubated day (1—14d) by fertilizing types of urea

土壤类型	肥料品种	表达式	R ²
冲积菜园土	普通尿素	$Y = -0.4573t^2 + 7.211t - 7.8216$	0.7815
	矿物改性包膜尿素	$Y = -0.1278t^2 + 2.6718t - 4.2673$	0.8503
红菜园土	普通尿素	$Y = -0.3171t^2 + 4.5519t - 2.2798$	0.8215
	矿物改性包膜尿素	$Y = -0.1368t^2 + 2.3178t - 3.375$	0.8122

3 结论

4 种尿素 (普通尿素、保水型控释尿素、德国缓释尿素、矿物改性保膜尿素) 施入土壤后, 一周后

pH 值上升达到最大值, 然后下降. 施用德国缓释尿素 pH 值下降速度最慢, 氨气挥发量最多; 施用矿物改性包膜尿素 pH 下降最快, 氨气挥发量最少; 这是因为德国缓释尿素含有硝化抑制剂, 能减少土壤中硝态氮的形成, 还能增加铵离子在土壤中的稳定性. 矿物改性包膜尿素由核心尿素、增效层和长效层组成, 其内层增效层的主要原料具有极强的肥保性能, 外层长效层能增强尿素的抗压强度, 确保包裹了增效层的尿素在土壤中保留较长的时间, 因此, 矿物改性包膜尿素具有缓溶、长效、保氮的特性. 但这肥料氮素含量只有 25.5%, 显著低于普通尿素和其他供试的尿素品种, 在实践应用中有待进一步提高氮素含量.

参 考 文 献

- [1] 曹金留, 田光明, 任立涛, 江苏南部地区稻麦两熟土壤中尿素的氨挥发损失 [J] . 南京农业大学学报, 2000, **23** (4) : 51—54
- [2] 陈德明, 王亭杰, 雨山江, 缓释和控释尿素的研究与开发综述 [J] . 化工进展, 2002, **21** (7) : 455—461
- [3] 杜建军, 廖宗文, 毛小云等, 控 缓释肥在不同介质中的氮素释放特性及其肥效评价 [J] . 植物营养与肥料学报, 2003, **9** (2) : 165—169
- [4] Shoji S, Kanno H, Use of Polyolefin-Coated Fertilizers for Increasing Fertilizer Efficiency and Reducing Nitrate Leaching and Nitrous Oxide Emissions [J] . *Fert. Res.*, 1994, **39** : 147—152
- [5] Shaviv A, Plant Response and Environmental Aspects as Affected by Rate and Pattern of Nitrogen Release from Controlled Release Fertilizers [A] . Van Cleemput et al. Eds., Progress in Nitrogen Cycling Studies [C] . Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 1996 : 285—291
- [6] Shaviv A, Mikkelsen R L, Slow Release Fertilizers to Increase Efficiency of Nutrient Use and Minimize Environmental Degradation. A Review [J] . *Fert. Res.*, 1993, **35** : 1—12
- [7] 凌莉, 李世清, 李生秀, 石灰性土壤氨挥发损失研究 [J] . 水土保持学报, 1999, **5** (6) : 119—122
- [8] 鲁如坤, 时正元, 赖庆旺, 红壤养分退化研究 (II) - 尿素和碳铵在红壤中的转化 [J] . 土壤通报, 1995, **2** (6) : 241—243
- [9] 杜建军, 母永龙, 田吉林等, 控 缓释肥料减少氨挥发和氮淋溶的效果研究 [J] . 水土保持学报, 2007, **21** (2) : 49—52

CHANGE OF pH AND VOLATILIZATION OF AMMONIA BY FERTILIZING DIFFERENT TYPES OF UREA IN SOIL

JIANG Zhao-hui^{1, 2} ZENG Qing-ru¹ PI He-jie¹ MAO Xiao-yun³ LIAO Zong-wen³

(1 College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

2 School of Chemical and Biological Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410004, China

3 College of Nature Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

ABSTRACT

This paper studied about change of pH and volatilization of ammonia by fertilizing four different types of urea (general urea, keep water controlled-release urea, Germany slow-release urea, mineral coated urea). The results showed that the fallen rate of pH by Germany slow-release urea was the slowest while the amount of ammonia volatilization was the biggest. In the five weeks the amount was 25.65% in alluvial vegetable garden soil, 16.68% in red vegetable garden soil. The fallen rate of pH by fertilizing mineral coated urea was the fastest while the amount of ammonia volatilization was the smallest. In the five weeks the amount was 8.07% in alluvial vegetable garden soil, 5.19% in red vegetable garden soil. Because there was inhibitor (DCD) in Germany slow-release urea, which controlled nitroreaction and the fallen velocity of pH was slow, the amount of ammonia volatilization was great. The mineral coated urea was coated ground phosphate rock and reduced nitrogen release, decreased ammonia volatilization.

Keywords urea, ammonia, soil