

热带人工橡胶林地砖红壤中氨挥发规律的研究^①

阮云泽¹, 张茂星¹, 陈 鹏¹, 曹建华², 彭宗波³, 陶忠良², 蒋菊生^{3*}

(1 海南大学农学院, 海口 570228; 2 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南儋州 571737; 3 海南省农垦科学院, 海口 570203)

摘要: 人工橡胶林栽培是海南特色农业, 相对于一般的大田作物, 其施肥量与施肥频率差别很大。而氨气挥发是造成氮肥直接损失的一个重要原因。本研究在海南岛人工橡胶林地利用静态箱自动采样测定了 2010 和 2011 年两年内 4 次施肥后 NH_3 的挥发量。结果表明, 施肥后第 2 天即有氨的挥发, 最高值出现在施肥后第 7 天, 此后氨气挥发量迅速降低, 20 天后基本上检测不到。研究发现, 氨的总挥发量与施肥后 25 天内的土壤积温呈正相关, 同时特殊天气, 如海南特有的台风会显著增加氨的挥发量。统计结果表明, 氨挥发损失率最高可达到氮肥施用量的 10%。因此如何改进原有的施肥方法以提高氮肥利用率也是今后需要注意的问题。

关键词: 氨挥发; 人工橡胶林; 海南

中图分类号: S714.8

海南岛是我国重要的橡胶生产地区^[1]。20 世纪 90 年代以来, 随着新割制的推广和刺激剂的广泛应用^[2], 在大幅度提高橡胶产量的同时也加速了橡胶林生态系统物质代谢和循环, 增加了其对养分的需求^[3]。氮肥是植物生长的首要营养, 对产胶具有重要的作用^[4]。但是氮肥形态在土壤中容易转化, 因此不可避免地造成部分氮素以不同的形式进入大气或水环境^[5-8]。由于大多数氮肥品种都是铵态氮形式, 因此施肥后氨挥发是造成氮素损失的一个重要原因^[9]。虽然有关的研究已经在我国内陆地区进行过实地测定^[10-13], 但是对于海南地区而言, 不仅气候条件不同, 而且土壤性质也不同, 有关热带地区橡胶林砖红壤中氨挥发的研究很少^[1-3]。因此本研究以海南农垦区橡胶林地作为试验对象, 采用静态箱采集氨气, 原位连续测定, 计算并探讨了橡胶林砖红壤中氨挥发的基本特征与规律。

1 材料与方法

1.1 试验地点与土壤特性

试验地点位于海南儋州中国热带农业科学院试验场, 橡胶品种为热研 7-33-97, 分别具有 14 ~ 26 年的树龄(表 1)。试验地所处位置为海南岛中西部, 属热带季风气候, 年平均气温为 23.1℃, 年降雨量 1 823 mm, 其中无霜期约为 150 天。试验地土壤为热带地区典型的砖红壤, 由花岗岩发育而成, 其理化性状如表 2 所示。

表 1 人工橡胶树栽种年代与分布地点
Table 1 Rubber cultivar and their geological distribution

品系	定植年份	地理坐标
热研 7-33-97	1987	19°32'55.8"N, 109°29'21.8"E
热研 7-33-97	1993	19°32'38.5"N, 109°28'35.1"E
热研 7-33-97	1999	19°32'19.7"N, 109°28'32.7"E

表 2 供试橡胶林土壤基本性状
Table 2 Soil characters of rubbers plantation

pH	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	速效氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
5.03	17.27	0.89	0.60	19.43	73.94	17.70	106.83

1.2 试验设计与方法

氨挥发试验于 2010 年 7 月至 2011 年 8 月期间分 4 次在试验场林段内进行, 在 3 个林段内分别选择 6

株橡胶树, 每 2 株紧挨的橡胶树为一个处理, 即 3 个重复。施肥量按照表 3 中的用量与比例, 以尿素、过磷酸钙及氯化钾配制成专用肥。

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171505)和现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-34-GW10)资助。

* 通讯作者(jjs18188@163.com)

作者简介: 阮云泽(1974—), 女, 云南大理人, 博士, 副教授, 主要研究方向为农业资源与环境。E-mail: ruanyunze1974@hainu.edu.cn

表 3 试验场施肥量及施肥时间
Table 3 Fertilizing amount and time of rubbers plantation

施肥时间 (年-月-日)	施肥量 (kg/株)	肥料配比 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O)	折合纯 N (kg/株)	折合纯 P (kg/株)	折合纯 K (kg/株)
2010-07-14	1.5	16-6-8	0.24	0.09	0.12
2010-10-28	1.0	16-6-8	0.16	0.06	0.08
2011-05-07	1.5	16-6-8	0.24	0.09	0.12
2011-08-20	1.0	16-6-8	0.16	0.06	0.08

施肥后第 2 天开始测定氮挥发,通常情况下均连续测定 25 天,至氮挥发量检测不到为止。土壤氮挥发采用密闭式间歇通气法^[14],其原理是利用真空泵抽气使土壤氮挥发随气流通过 2% 硼酸溶液的洗气瓶,整个采气装置为硬质 PVC 制成的长宽高为 30 cm × 30 cm × 30 cm 密闭箱,顶部留 2 个孔,1 个孔通气(不抽气时塞住),抽气时该孔接 2.5 m 高的 PVC 管连接大气,另 1 个孔抽气。抽气时间是每天 8:00—14:00,把 3 个林段内的每天氮挥发量平均后获得橡胶林每天的氮挥发量。

2 结果与讨论

本试验中,通过连续测定施肥后 25 天内氮挥发

后发现,施肥后第 2 天就有氨气挥发,其挥发速率逐渐增加,氮挥发的高峰期大至在施肥后的第 7 天(图1)。这主要是因为施用的氮肥是尿素,其在土壤中脲酶的水解作用下产生铵,因此随着脲酶的水解土壤中的铵态氮不断增加,氨气的挥发随之增强。这也说明了氨的挥发应该与土壤中的铵浓度之间呈正相关关系^[15]。研究结果还发现,当氮挥发达到最高峰后,挥发速率又迅速降低。有研究者通过室内土壤培养试验发现,红壤本身的酸性特征具有较强的抑制氮挥发的作用,这可能是在尿素完全水解成铵后,土壤中铵总量不再增加的情况下,氨气挥发受到抑制而急剧减少的一个重要原因^[16]。

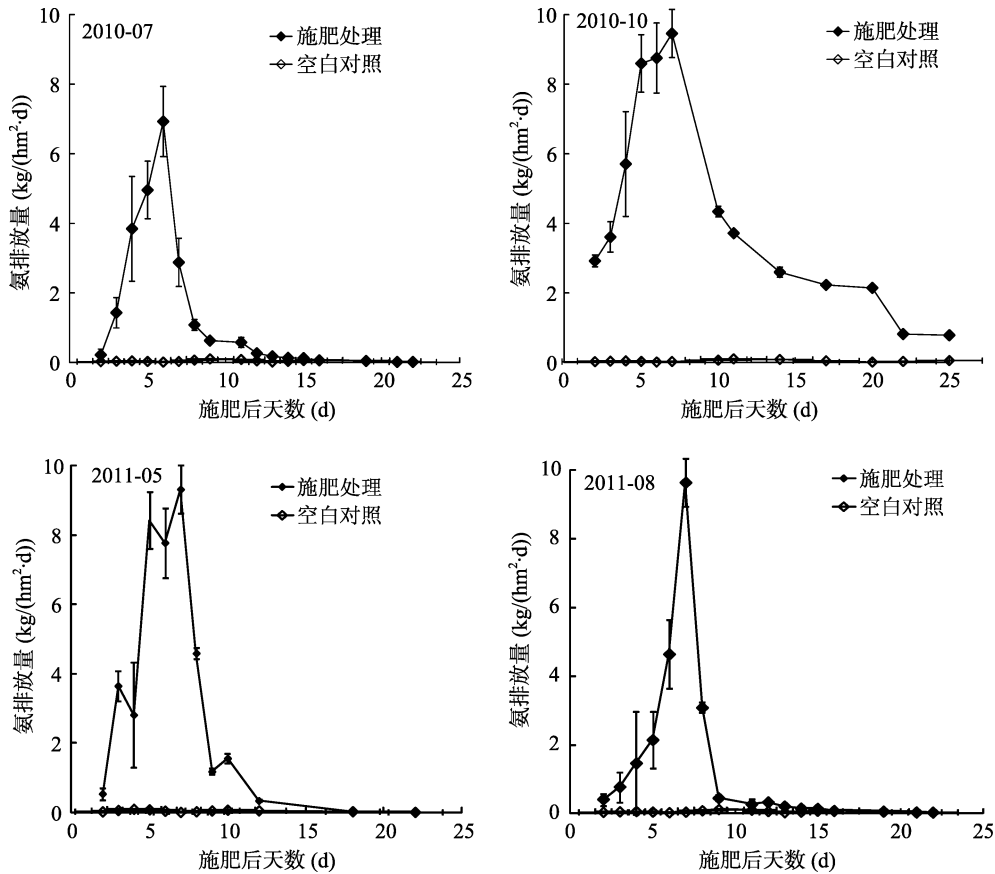


图 1 施肥后氨气的日挥发量
Fig. 1 Ammonia volatilization per day after fertilization

本研究中还发现,在特殊气候情况下,如 2010 年 7 月 16 日施肥后,台风登陆海南,造成风力上升,导致氨气的挥发量上升,并且在第 7 天后挥发量下降缓慢,一直延续到第 25 天后才基本停止,类似情况在以往的研究中未见报导。这可能是地面空气流动增强后,地表氨的分压降低导致的。总体上看,在没有特殊外部影响的情况下,氨挥发在施肥后 15 天就基本检测不到,这说明氨挥发主要就是由于施肥导致的,这与以往的研究结果一致。

一般认为,土壤温度与湿度也是影响氨挥发的因素^[17-18]。从本试验的结果看,氨挥发期间土壤表层 5 ~ 20 cm 的平均积温越高,则氨挥发的总量也越大(表 4)。从图 2 中可看出,两者具有一定的正相关性。但是本试验中,氨挥发总量与土壤含水量之间的关系并未表现出一定的相关性(表 4)。这说明在土壤含水量差别不显著的情况下,其本身并不是影响氨挥发的一个决定性因素。同时也说明了在露天情况下,对氨挥发的影响是一个综合因素,与室内土壤培养的情况有所不同^[17]。

表 4 氨挥发与土壤温度和水分的关系
Table 4 Relationship between ammonia volatilization with soil temperature and water content

试验时间 (年-月)	氨挥发总量 (mg/m ²)	土层温度 (°C)	土层含水量 (g/kg)
2010-07	23.39 ± 4.06	402.8 ± 1.3	188.6 ± 98.0
2010-10	56.94 ± 13.70	520.8 ± 16.8	185.9 ± 106.0
2011-05	40.28 ± 1.30	432.6 ± 8.8	198.4 ± 90.0
2011-08	23.70 ± 5.24	406.2 ± 3.6	191.9 ± 72.0

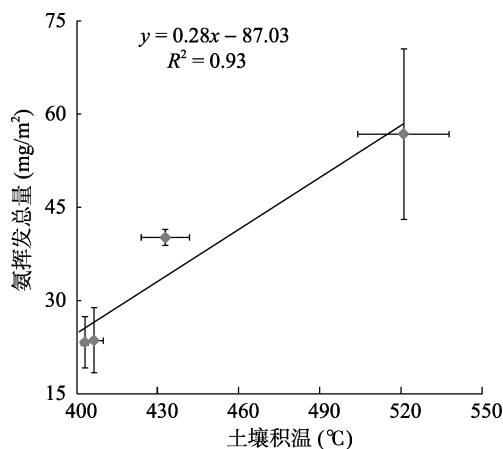


图 2 氨气挥发总量与土壤积温之间的关系

Fig. 2 Relationship between total volatilization of ammonia and accumulated temperature of the soil

本研究结果经计算后得出,肥料氮施入橡胶林土壤后氨的挥发损失率在 3.89% ~ 11.18% 范围之内,平均氨挥发损失率为 8%(表 5)。按照施肥的株树及施

肥面积计算得橡胶园的氨挥发损失量为 N 13.99 kg/(hm²·a)。在内陆地区的研究表明,我国农业生态系统中 10% 以上的氮肥损失来自于施用后的氨挥发^[16],本研究结果也大致在此范围之内。这说明即使在红壤地区,土壤 pH 偏低的情况下,氨的挥发仍然是一个不可忽视的氮损失途径。研究认为,氨挥发速率主要还是受表层土壤的铵浓度影响最大,因此选择合理的方式深施氮肥应该是降低氨挥发的主要生产措施。

表 5 橡胶林土壤化肥氮的氨挥发损失率
Table 5 Nitrogen loss ratio of N fertilizer due to ammonia volatilization of rubber plantation

试验时间 (年-月)	氨挥发累积量 (g/株)	氨挥发损失率 (%)
2010-07	9.34	3.89
2010-10	11.85	7.41
2011-05	26.04	10.85
2011-08	17.88	11.18

3 小结

本试验通过两年内 4 次重复试验研究了在海南岛人工橡胶林地施肥后氨的挥发量特征。结果表明,氨的挥发主要与施肥有关,当土壤中的尿素完全水解后,氨气挥发量就会迅速降低。并且,在氨挥发期间土壤表层积温越高,则氨挥发的总量也越大。同时特殊天气,如海南特有的台风会显著增加氨的挥发量。统计结果表明,在热带橡胶人工林地区的砖红壤中,氨挥发损失率最高可达到氮肥施用量的 10%。

参考文献:

- [1] 曹建华, 蒋菊生, 谢贵水, 陶忠良, 林位夫, 陈俊明. 橡胶人工林生态系统养分循环研究——无性系 PR107 氮素体循环[J]. 中国农学通报, 2009, 25(21): 339-350
- [2] 赵春梅, 蒋菊生, 曹建华. 橡胶林氮素研究进展[J]. 热带农业科学, 2009, 29(3): 44-50
- [3] 赵春梅, 蒋菊生, 曹建华. 橡胶人工林生态系统氮素循环模型[J]. 林业资源管理, 2009, 3(3): 66-70
- [4] Murbach MR, Boarett AE, Muraok T, de Souza ECA. Nutrient cycling in a RRIM600 clone rubber plantation[J]. Scientia. Agricola., 2003, 60(2): 353-357
- [5] Sutton MA, Erisman JW, Dentener F, Möller D. Ammonia in the environment: From ancient times to the present[J]. Environ. Pollut., 2008, 156: 583-604
- [6] Zhang W, Mo J, Yu G, Fang Y, Li D, Lu X, Wang H. Emissions of nitrous oxide from three tropical forests in Southern China in response to simulated nitrogen deposition[J]. Plant Soil, 2008, 306: 221-236
- [7] 朱兆良. 农田中氮肥的损失与对策[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 1-6

- [8] 刘涛, 梁永超, 褚贵新, 马丹, 刘倩, 王健. 三种硝化抑制剂在石灰性土壤中的应用效果比较[J]. 土壤, 2011, 43(5): 751-757
- [9] Lara Cabezas WAR, Trivelin PCO, Bendassolli JA, Santana DG, Gascho GJ. Calibration of a semi-open static collector for determination of ammonia volatilization from nitrogen fertilizers[J]. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 1999, 30(3/4): 389-406
- [10] 王朝辉, 刘学军, 巨晓棠, 张福锁. 北方冬小麦/夏玉米轮作体系土壤氨挥发的原位测定[J]. 生态学报, 2002, 22(3): 359-365
- [11] 周静, 崔键, 胡锋, 王国强, 马友华. 马唐牧草红壤氮肥的氨挥发、径流和淋溶损失[J]. 土壤学报, 2007, 44(6): 1 076-1 082
- [12] 董文旭, 胡春胜, 张玉铭. 不同施肥土壤对尿素氮挥发的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(2): 76-79
- [13] 宋勇生, 范晓晖. 稻田氨挥发研究进展[J]. 生态环境, 2003, 12(2): 240-244
- [14] 王秀斌. 优化施氮下冬小麦/夏玉米轮作农田氮素循环与平衡研究(博士学位论文)[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009
- [15] Corstanje R, Kirk GJD, Pawlett M, Read R, Lark RM. Spatial variation of ammonia volatilization from soil and its scale-dependent correlation with soil properties[J]. European Journal of Soil Science, 2008, 59: 1 260-1 270
- [16] 杨淑莉, 朱安宁, 张佳宝, 陈效民, 朱强根. 不同施氮量和施氮方式下田间氨挥发损失及其影响因素[J]. 干旱区研究, 2010, 27(3): 415-421
- [17] 周静, 崔键, 王霞. 红壤不同含水量对尿素氮挥发的影响[J]. 土壤, 2008, 40(6): 930-933
- [18] 蒋朝晖, 曾清如, 方至, 周细红. 不同温度下施入尿素后土壤短期内 pH 和氨气释放特征[J]. 土壤通报, 2004, 35(3): 299-302

Characterization of Ammonia Volatilization from Latosol Soils in Rubber Plantation in Tropical Region

RUAN Yun-ze¹, ZHANG Mao-xing¹, CHEN Peng¹, CAO Jian-hua²,
PENG Zong-bo³, TAO Zhong-liang², JIANG Ju-sheng^{3*}

(1 College of Agriculture, Hainan University, Haikou 570228, China; 2 Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China; 3 Hainan Agriculture Reclamation Academy of Sciences, Haikou 570203, China)

Abstract: Para rubber (*Hevea brasiliensis*) plantation is the important agriculture in Hainan Island. The demand of the rubber industry forced the yield of fresh rubber and caused the increase of the fertilization, which was different from that in crop fields. The collection of ammonia was carried out after the fertilization in four experiments from 2010 to 2011. The results showed that the volatilization of ammonia was detected in the second day after fertilization. The peak of the volatilization was in the seventh day after fertilization. No detection of ammonia volatilization was found after 20th day. It was found that the total volatilization of ammonia was related to the accumulated temperature of the soil. The special climate, such as typhoon, had great impact on the increase of ammonia volatilization. The total loss of nitrogen by ammonia volatilization accounted to about 10% of the N fertilizer, which indicated that the improvement of fertilization method should be taken to decrease the N loss.

Key words: Ammonia volatilization, Rubber plantation, Hainan