

竹炭包膜尿素的制备及其包膜效果研究

曾鸿鹄^{1,2}, 纪锐琳², 王双飞¹, 朱义年², 张学洪², 王敦球²

(1.广西大学, 广西 南宁 530004; 2.桂林工学院, 广西 桂林 541004)

摘要:利用竹炭和聚丙烯树脂为包膜材料,制得不同粘结剂、不同包膜厚度和不同竹炭含量的 18 种竹炭包膜尿素。通过溶解试验、溶出试验与氨挥发试验,研究了所制备的包膜尿素在水中溶解特征。结果表明,包膜效果最好的 2 种竹炭包膜尿素 BCCU1 (AbX) 和 BCCU2 (AbY) 的含氮量分别为 42.3%和 43.5%,包膜率分别为 8.04%和 5.43%。尿素经过竹炭包膜后,其氮素初期溶出率和氮素累积溶出率明显下降,竹炭包膜尿素 BCCU1 和 BCCU2 的氮素累积溶出率分别比尿素降低 16.27%和 9.93%。氨挥发试验结果表明,在每公斤土壤中施氮 600 mg 和 1 000 mg 水平下,竹炭包膜尿素 BCCU1 和 BCCU2 的氨挥发损失量分别比尿素减少 31.8%和 19.3%,21.82%和 16.66%;在 2 种施肥水平下,BCCU1 的挥发量分别比 BCCU2 减少 15.49%和 6.19%。

关键词:包膜尿素;竹炭;氮素溶出;氨挥发

中图分类号:S145.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2008)05-1826-05

Preparation and Controlled-release Characteristics of Bamboo-charcoal Coated Ureas

ZENG Hong-hu^{1,2}, JI Rui-lin², WANG Shuang-fei¹, ZHU Yi-nian², ZHANG Xue-hong², WANG Dun-qiu²

(1. Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Guilin University of Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: 18 different bamboo-charcoal coated ureas were prepared from normal urea by coating with bamboo-charcoal and bonding agents. Their nitrogen slow-release characteristics were investigated compared to un-coated urea. The results showed that the two best coated ureas, i.e., BCCU1 (AbX) and BCCU2 (AbY), have nitrogen contents of 42.3% and 43.5% with coating rates of 8.04% and 5.43%, respectively. They presented slow-release characteristics of low nitrogen leaching and low ammonia volatilization. The accumulated nitrogen release rates of BCCU1 and BCCU2 were 16.27% and 9.93% lower than that of un-coated urea. The total ammonia volatilization of BCCU1 and BCCU2 decreased by 31.8% and 19.3% under the fertilization of 600 mg N per kg soil, 21.82% and 16.66% under the fertilization of 1 000 mg N per kg soil, respectively.

Keywords: coated urea; bamboo-charcoal; nitrogen leaching; ammonia volatilization

增加氮肥投入是我国农业生产中不可缺少的关键措施之一^[1];氮肥的施用对我国的农业生产和粮食安全发挥了重要的作用^[2]。在提高作物单产中,化肥所起的作用占 40%~60%,化肥投入约占农民进行种植业生产总投入的 50%左右。但目前我国氮肥利用率为 30%~35%,远低于世界发达国家水平^[2-3]。肥料利用

率低不仅造成资源的巨大浪费,还给人类赖以生存的环境造成了严重污染^[4,5]。因此,如何兼顾氮肥施用的经济效益和环境效益已成为我国农业生产中迫切需要解决的问题。控/缓释肥是解决这一问题的良好措施,目前国内外均在大力发展氮肥的控/缓释技术^[6-10]。其中,包膜肥料是控/缓释肥料发展最快的一类肥料。包膜肥料一次施用可以满足作物整个生育期对氮素的需求,并可以减少由于分解、挥发和淋溶等造成的氮素损失,提高氮肥的利用率。

本文利用竹炭和高分子聚合物为包膜材料,通过尿素包膜配方选择、包膜尿素的研制工艺和包膜尿素缓释性能的初步评价等方面的研究,筛选出包膜效果好的竹炭包膜尿素,以期为进一步研制高效、廉价、工

收稿日期:2007-10-29

基金项目:广西“新世纪十百千人才工程”专项资金资助项目(2004217);广西科学基金(桂科基 0575103);广西科学研究与技术开发项目(桂科攻 0632006-3B);广西 2007 年研究生科技创新计划项目(2007105960830M23);桂林市科学研究与技术开发项目(2006-45-1)

作者简介:曾鸿鹄(1970—),女,博士研究生,副教授,研究方向为高浓度有机废水的处理。E-mail:zenghonghu@glite.edu.cn

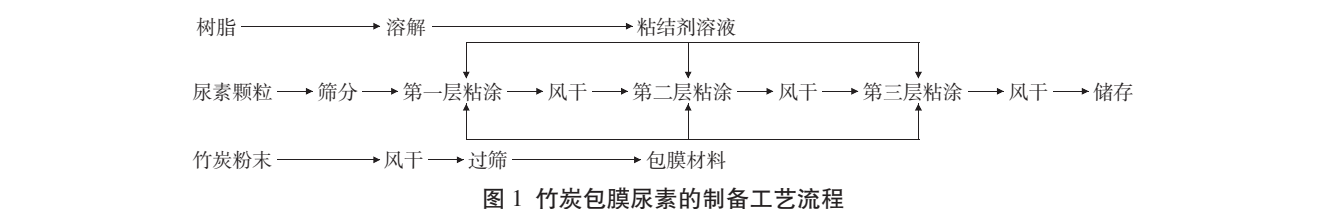


图 1 竹炭包膜尿素的制备工艺流程

Figure 1 Preparation process of bamboo-charcoal coated urea

艺简单的包膜氮肥和减少氮肥污染提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设备

供试材料:聚丙烯树脂(湖南益阳精细化工有限公司产品),型号为 LY628、LY618 和 LY608,分别用 A、B 和 C 表示;竹炭粉(过 220 目筛,购自广西桂林华江乡);大颗粒尿素(中国石油宁夏石化公司产品);酒精;乙二醇。

主要设备:自制包膜设备;高压喷枪;电吹风;分样筛;数显恒温磁力搅拌器(HJ-3 型,常州国华电器有限公司);生化培养箱(LRH-250A,广东医疗器械厂)。

1.2 试验方法

1.2.1 粘结剂溶液的制备

取一定量的聚丙烯树脂于盛有 100 mL 酒精的烧杯中,加入少量膜增塑剂乙二醇。然后将烧杯置于恒温磁力搅拌器上加热搅拌,待树脂完全溶解后将该溶液倒入喷壶中备用。试验设置 3 个粘结剂浓度(粘结剂与酒精体积之比),分别为 20%、30%和 40%。

1.2.2 包膜配方设计

包膜材料竹炭设计 2 个用量(5 g 或 10 g 粒径小于 0.075 mm 的竹炭粉·150 g⁻¹ 尿素)分别与上述制备的每种粘结剂溶液组合,制备竹炭包膜尿素,共制备了 18 种包膜尿素,分别用 AaX、BaX、……、CcY 表示,其中 X 和 Y 分别代表竹炭的用量 5 g 和 10 g,a、b 和 c 分别为 20%、30%和 40%的粘结剂浓度(表 1)。

表 1 竹炭包膜尿素的制备方案设计										
Table 1 Preparation plan of bamboo-charcoal coated urea										
粘结剂	种类 浓度	A			B			C		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c
竹炭用量	X	AaX	AbX	AcX	BaX	BbX	BcX	CaX	CbX	CcX
	Y	AaY	AbY	AcY	BaY	BbY	BcY	CaY	CbY	CcY

1.2.3 制备工艺

首先将尿素筛分,获得粒径为 3~4 mm 尿素颗粒

150 g,将其放入自制包膜机中,用电吹风预热 5 min 左右,然后用高压喷枪在尿素表面喷上适量的粘结剂溶液,用量以尿素颗粒间不互相粘结为宜,通入热风 3~5 min,然后把一定量的竹炭粉末(<0.075 mm)均匀地加入包膜机中,转动 10 min 左右再喷入粘结剂溶液,如此操作 3 次,即能将竹炭粉末包裹在颗粒尿素上,制成一系列不同包膜厚度的竹炭包膜尿素(图 1)。

1.2.4 竹炭包膜尿素含氮量的测定

称取 10.00 g 左右的包膜尿素(精确至±0.01 g),将其磨碎,加入 200 mL 的蒸馏水,充分搅拌使其中的尿素完全溶解,用干燥的滤纸过滤,洗涤数次,将滤液用 250 mL 的容量瓶定容后,用移液管取滤液 50 mL,用半微量开氏法^[1]测定滤液中总氮的含量,然后计算出包膜尿素的含氮量,并根据包膜尿素的含氮量计算出包膜率。包膜率计算方法如下:包膜率=(1-包膜尿素的含氮量/尿素的含氮量)×100%。

1.2.5 溶解试验

量取 50 mL 超纯水倒入 100 mL 烧杯中,随机数取 20 粒包膜尿素放入烧杯中,在 1 d 后观察完全溶解的尿素颗粒数。每种肥料设置 3 次重复。

1.2.6 溶出试验

1.2.6.1 初期溶出率

称取肥料 2.5 g(精确至 0.01 g),装于 200 目尼龙网袋中,将肥料袋置于 150 mL 锥形瓶中,然后加入 50 mL 超纯水,加塞密封,放入 30 ℃恒温培养箱内培养。24 h 后测定浸提液全氮含量,计算出各种肥料的初期溶出率:初期溶出率=(24 h 溶出的养分量/肥料中的养分含量)×100%。试验设 3 个处理,分别为尿素对照、通过前述试验筛选出的包膜效果最好的竹炭包膜尿素 BCCU1(AbX)和竹炭包膜尿素 BCCU2(A-bY),每个处理 3 次重复。浸提液全氮含量的测定采用浓硫酸消煮碱解扩散法^[11]。

1.2.6.2 累积溶出率

供试肥料分别为尿素(U)、竹炭包膜尿素 BCCU1 和竹炭包膜尿素 BCCU2;供试土壤为石灰岩风化土;每个处理设置 3 次重复。试验时,在事先垫有两层

135 目滤布, 并且滤布上放入 50 g 石英沙的淋溶杯(上口直径 10 cm, 下口直径 8 cm, 高 12 cm 的圆形塑料杯, 底部有 3 个呈三角形分布的小孔)中按 $1.3\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 容重先装入风干土壤 250 g, 再在其上按同样紧实度装入 250 g 土肥混合物, 土壤表面用 135 目滤布覆盖, 上铺 50 g 石英砂, 防止加水时扰乱土层。肥料设计用量(N)为 $600\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。第一次先加入 200 mL 水使土壤水分接近饱和, 静置 1 d 后再以 100 mL 水一次加入淋溶杯中, 收集 24 h 淋溶液。每 3 d 淋溶一次, 共淋溶 10 次。淋溶液全氮含量的测定采用浓硫酸消煮碱解扩散法^[1]。

1.2.7 氨挥发试验

共设有 6 个处理, 即供试的 3 种肥料分别为尿素(U)、竹炭包膜尿素 BCCU1 和竹炭包膜尿素 BCCU2; 试验氮肥设计用量为在每公斤土壤中施 600 mg 或 1 000 mg N; 每个处理设置 3 次重复。采用“静态吸收法”捕获氨气^[12]。试验时, 在 1 L 大口瓶中装石灰岩风化土 500 g, 加入 150 mL 超纯水, 使土壤含水量达到饱和(含水量为 30%); 再在大口瓶内放置一个 25 mL 的小烧杯, 小烧杯内盛 10 mL 2% 硼酸混合指示剂, 密封后放入 30 ℃ 恒温箱中连续培养。分别于试验的 3、4、6、8、12、16、22 和 28 d 取出烧杯, 用 $0.01\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸滴定测定氨吸收量, 然后更换烧杯中的硼酸吸收液并再次放入大口瓶内。氨的挥发量按照下式计算:

$$N=MV\times14$$

式中 N 为氨挥发量 ($\text{mg}\cdot\text{瓶}^{-1}$); M 为标准酸的摩尔浓度 ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$); V 为滴定时标准酸的体积 (mL)。

2 结果与讨论

2.1 竹炭包膜尿素的溶解试验

当粘结剂 A 和 B 的浓度为 20% 时, 由于浓度过低, 其粘连性较差, 使得尿素难于与竹炭粉末结合, 形不成包裹层(表 1 中的 AaX、AaY、BaX 和 BaY), 所以只对形成包裹层的 14 种包膜尿素在水中完全溶解的粒数进行统计, 分析它们的包膜效果(表 2)。

从表 2 可以看出, 粘结剂 A 的包膜效果明显好于 B、C 两种粘结剂。其中粘结剂 C 的效果最差, 在浸提时间内, 包膜尿素颗粒基本全部溶解, 表明用粘结剂 C 制得的包膜尿素几乎没包裹完全。另外, 当粘结剂浓度为 40% 时, 由于浓度过高, 溶液粘性较大, 喷洒时形不成雾状, 使得尿素颗粒粘结在一起无法与竹炭充分接触, 造成包裹不均匀, 形不成完整的膜, 包膜效果较差。从试验结果可以得出包膜尿素 AbX 和 AbY

表 2 包膜尿素在水中完全溶解的粒数

Table 2 Dissolved amounts of bamboo-charcoal coated urea in water				
肥料	1 [#]	2 [#]	3 [#]	平均值±标准偏差
AbX	10	11	13	11.3±1.5
AbY	9	7	9	8.3±1.2
AcX	15	14	16	15.0±1.0
AcY	15	14	12	13.7±1.5
BbX	14	15	12	13.7±1.5
BbY	12	13	10	11.7±1.5
BcX	18	16	15	16.3±1.5
BcY	17	13	16	15.3±2.1
CaX	18	20	17	18.3±1.5
CaY	20	18	18	18.7±1.2
CbX	20	20	20	20.0±0.0
CbY	20	20	20	20.0±0.0
CcX	20	20	20	20.0±0.0
CcY	20	19	20	19.7±0.6

的包膜效果最好。在其后的实验中, 我们将得出的包膜效果最好的 2 种竹炭包膜尿素 AbX 和 AbY, 分别命名为竹炭包膜尿素 BCCU1 (AbX) 和竹炭包膜尿素 BCCU2 (AbY)。

2.2 竹炭包膜尿素的含氮量与包膜率

分析结果表明, 竹炭包膜尿素 BCCU1 和 BCCU2 的含氮量分别为 42.3% 和 43.5%, 包膜率分别为 8.04% 和 5.43%。

2.3 竹炭包膜尿素的氮素溶出率

2.3.1 氮素初期溶出率

普通尿素、两种竹炭包膜尿素 BCCU1 和 BCCU2 在水中 24 h 的氮素溶出量分别为 1 126、661.4 和 772.1 mg, 相应的初期溶出率分别为 97.6%、62.5% 和 71.0%。可见, 与尿素相比, 竹炭包膜尿素的初期溶出率明显下降。这表明粒状尿素经过包膜后, 氮素溶出率减缓。

2.3.2 氮素累积溶出率

竹炭包膜尿素土壤淋溶试验结果表明(图 2), 供

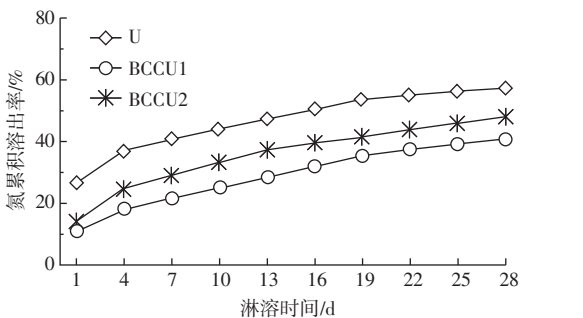


图 2 供试氮肥的累积溶出率曲线

Figure 2 Accumulated N leaching rates curve of tested N fertilizers

试氮肥在土壤中氮素的累积溶出率顺序为：尿素 (57.5%)>BCCU2(47.5%)>BCCU1(41.23%)。这说明了包膜尿素施入土壤后淋失率低于普通尿素。尿素经过竹炭包膜后可以降低其氮素的溶出率,BCCU1 和 BCCU2 的累积溶出率分别比尿素降低 16.27%和 9.93%。

2.4 竹炭包膜尿素的氨挥发特征

不同施肥水平下,3 种氮肥的氨挥发强度具有相同的变化趋势(图 3)。供试氮肥的氨挥发随着试验时间增加,逐渐变慢。在试验开始阶段(0~8 d),氨挥发速度非常快;在 8 d 以后,氨挥发速度趋于平稳。在两个施肥水平下,自制竹炭包膜尿素的氨挥发累计量都低于普通尿素(图 3)。在每公斤土壤中施氮 600 mg 时,3 种氮肥的氨挥发损失量为:U 4.56 mg、BCCU1 3.11 mg、BCCU2 3.68 mg,分别占总施氮量 1.52%、1.04%和 1.23%;两种包膜尿素的挥发量分别比普通尿素减少 31.8%和 19.3%。在每公斤土壤中施氮 1 000 mg 时,3 种氮肥的氨挥发损失量为:U 14.53 mg、BCCU1 11.36 mg、BCCU2 12.11 mg,分别占总施氮量 2.91%、2.27%和 2.42%。两种包膜尿素的挥发量分别比普通尿素减少 21.82%和 16.66%,可见尿素通过包膜后可以有效地降低氨挥发损失量。在每公斤土壤中施氮 600 mg N 和 1 000 mg N 水平下,BCCU1 的挥发量分别比 BCCU2 减少 15.49%和 6.19%。

在每公斤土壤中施 600 mg N 水平下,U、BCCU1 和 BCCU2 前 8 d 挥发的氮量分别占 22 d 总挥发 N 量的 82.68%、63.34%和 72.28%;在每公斤土壤中施 1 000 mg N 水平下,U、BCCU1 和 BCCU2 前 8 d 挥发的氮量分别占总挥发量的 76.94%、66.73%和 71.1%,这表明了供试氮肥的挥发损失主要发生在试验的前期阶段(0~8

d),并且尿素的氨挥发量明显高于两种包膜尿素。

3 结论

(1)包膜效果最好的 2 种竹炭包膜尿素为 BCCU1 (AbX)和 BCCU2(AbY)。其中,竹炭包膜尿素 BCCU1 的含氮量为 42.3%,包膜率为 8.04%;包膜时使用的粘结剂为浓度 30%的聚丙烯树脂(型号 LY628),竹炭用量为 5 g·150 g⁻¹ 尿素。竹炭包膜尿素 BCCU2 的含氮量为 43.5%,包膜率为 5.43%;包膜时使用的粘结剂为浓度 30%的聚丙烯树脂(型号 LY628),竹炭用量为 10 g·150 g⁻¹ 尿素。

(2)溶解试验结果表明,尿素经过竹炭包膜后,其氮素初期溶出率和累积溶出率明显下降。BCCU1 和 BCCU2 的累积溶出率分别比普通尿素降低 16.27%和 9.93%。

(3)氨挥发试验结果表明,供试氮肥的氨挥发在试验开始阶段速度非常快,挥发量占到总挥发量的 63.34%~82.28%。在每公斤土壤中施氮 600 mg 水平下,2 种竹炭包膜氮肥 BCCU1 和 BCCU2 的氨挥发损失量分别比尿素减少 31.8%和 19.3%;在每公斤土壤中施氮 1 000 mg 水平下,BCCU1 和 BCCU2 的氨挥发损失量分别比尿素减少 21.82%和 16.66%。BCCU1 的挥发量分别比 BCCU2 减少 15.49%和 6.19%。

参考文献:

- [1] 翟军海,高亚军,周建斌.控释/缓释肥料研究概述[J].干旱地区农业研究,2002,20(1):45-48.
ZHAI Jun-hai, GAO Ya-jun, ZHOU Jian-bin. The review of controlled/slow release fertilizer[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2002, 20(1): 45-48.
- [2] 张耀鸿. 缓/控释肥料研究进展及其应用[J]. 安徽农业通报, 2007, 13(19): 103, 98.
ZHANG Yao-hong. Advance in the research of slow/controlled release fertilizers and its application[J]. *Anhui Agriculture Science Bulletin*, 2007, 13(19): 103, 98.
- [3] 谷佳林,徐秋明,曹兵,等. 缓控释肥料的研究现状与展望[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(32): 10369-10372.
GU Jia-lin, XU Qiu-ming, CAO Bing, et al. Current situation and expectation of slow and controlled release fertilizers[J]. *Journal of Anhui Agriculture Science*, 2007, 35(32): 10 369-10 372.
- [4] 董燕,王正银. 缓/控释复合肥料不同形态氮素释放特性研究[J]. 中国农业科学, 2006, 39(5): 960-967.
DONG Yan, WANG Zheng-yin. Study on release characteristics of different forms of nitrogen nutrients of slow/controlled release compound fertilizer[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(5): 960-967.
- [5] 纪雄辉,郑圣先,鲁艳红,等. 施用尿素和控释氮肥的双季稻田表层水氮素动态及其径流损失规律[J]. 中国农业科学, 2006, 39(12):

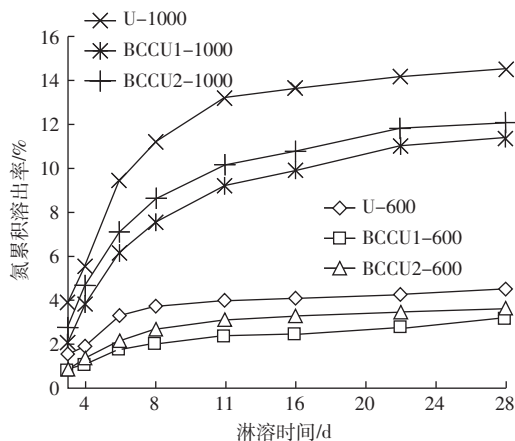


图 3 两个施肥水平下 3 种氮肥的氨挥发

Figure 3 Ammonia volatilization of three N fertilizers under two application dosages

1830	曾鸿鹄等:竹炭包膜尿素的制备及其包膜效果研究	2008 年 9 月
2521–2530.		
JI Xiong–hui, ZHENG Sheng–xian, LU Yan–hong, et al. Dynamics of floodwater nitrogen and its runoff loss, urea and controlled release nitro–gen fertilizer application regulation in rice[J]. <i>Scientia Agricultura Sini–ca</i> , 2006, 39(12): 2521–2530.		
[6] 王德汉, 彭俊杰, 廖宗文.木质素包膜尿素(LCU)的研制及其肥效试验[J].农业环境科学学报, 2003, 22(2): 185–188.		
WANG De–han, PENG Jun–jie, LIAO Zong–wen. Preparation of urea coated with lign in (LCU) and its fertilizer efficiency test[J]. <i>Journal of Agro–environmental Science</i> , 2003, 22(2): 185–188.		
[7] 赵秉强, 张福锁, 廖宗文, 等.我国新型肥料发展战略研究[J].植物营养与肥科学报, 2004, 10(5):536–545.		
ZHAO Bing–qiang, ZHANG Fu–suo, LIAO Zong–wen, et al. Research on development strategies of fertilizer in China[J]. <i>Plant Nutrition and Fertilizer Science</i> , 2004, 10(5): 536–545.		
[8] Zhang H, Kim Y, Dutta PK. Controlled release of paraquat from surface–modified zeolite[J]. <i>Microporous and Mesoporous Materials</i> , 2006, 88(1–3): 312–318.		
	[9] Hanafi M M, Eltaib S M, Ahmad M B, et al. Evaluation of controlled–re–lease compound fertilizers in soil [J]. <i>Communications in Soil Science and Plant Analysis</i> , 2002, 33(7&8): 1139–1156.	
	[10] Shoji S, Delgado J, Mosier A, et al. Use of controlled release fertilizers and nitrification inhibitors to increase nitrogen use efficiency and to conserve air and water quality [J]. <i>Communications in Soil Science and Plant Analysis</i> , 2001, 32(7&8): 1051–1070.	
	[11] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业学常规分析方法[M].北京:科学出版社, 1983.	
	Committee of Agricultural Chemistry of Soil Science Society of China. Conventional analysis methods of soil agricultural chemistry [M]. Beijing: Science Press, 1983.	
	[12] 徐万里, 张云舒, 刘 骅. 新疆盐渍化土壤氮肥氨挥发损失特征初步研究[J].生态环境, 2007, 16(1): 176–179.	
	XU Wan –li, ZHANG Yun –shu, LIU Hua. Preliminary study on the characteristics of ammonia volatilization from salinized soils in Xinjiang [J]. <i>Ecology and Environment</i> , 2007, 16(1): 176–179.	