

北京地區人尿利用之研究

II. 人尿儲存與氮素之丢失

陳尚謹 喬生輝

(華北農業科學研究所)

人尿為良好之速效氮肥，田間試驗結果，已於前篇討論(1)，惟因儲存上之困難，仍難充分利用。察人尿中尿素，在普通貯存情況下，迅速水解為碳酸銨，再分解為氨與二氧化碳，氮則飛散丢失，故尿之儲存問題，即是氮的保存問題。今將初步試驗結果，討論如下：一、人尿貯存氮素丢失情形，二、人尿與土或麥桿發酵，對於氮素之保持，三、土壤吸收銨的性能，四、鉀、鈉游子對於土壤吸收銨根之影響。

一、人尿儲存與氮素之丢失情形

用人尿四百斤，拌勻後注入四個缸內，每缸一百斤，分為以下四個處理：1.不加何處理，2.添加氯化鈣一公斤，3.用機器油二兩遮蓋表面，4.添加石膏四公斤。置於院內，每隔十天，採取樣本分析一次，並稱其重量，自三月廿一日起，至六月二日止，共計貯存七十二天，所得結果如表一，圖一，與圖二。

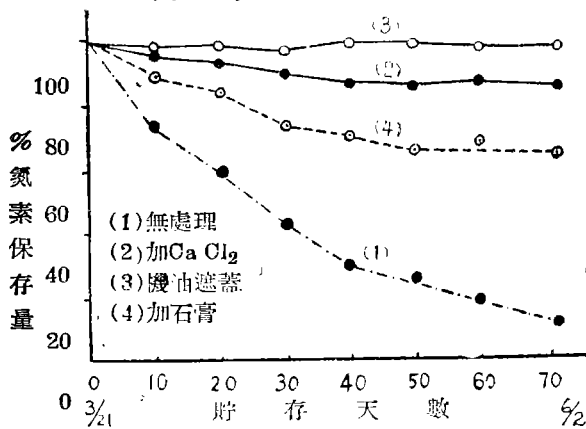
表一 人尿貯存與氮素丢失

處理種類	日期	天數	尿的重量 (斤)	尿中總氮量		氮氣* (斤)	氮之丢失 %
				%	(斤)		
1. 不 加 處 理	3/21	1	100.0	0.60	0.60	0.49	0.0
	3/31	10	91.6	0.47	0.43	0.33	28.3
	4/10	20	82.3	0.43	0.35	0.25	41.3
	4/21	30	60.4	0.41	0.25	0.18	58.3
	5/1	40	46.6	0.36	0.17	0.16	71.7
	5/11	50	39.4	0.38	0.15	0.10	75.0
	5/21	60	28.2	0.36	0.10	0.07	82.9
6/2	72	11.5	0.49	0.06	0.04	90.0	
2. 加 氯 化 鈣	3/21	1	100.0	0.60	0.60	0.49	0.0
	3/31	10	92.8	0.61	0.57	0.06	5.0
	4/10	20	84.2	0.65	0.55	0.06	8.3
	4/21	30	63.2	0.84	0.53	0.03	11.5
	5/1	40	49.6	1.02	0.51	0.02	15.0
	5/11	50	40.4	1.25	0.51	0.02	15.8
	5/21	60	30.1	1.72	0.52	0.01	13.7
6/2	72	13.6	3.62	0.49	0.01	17.9	

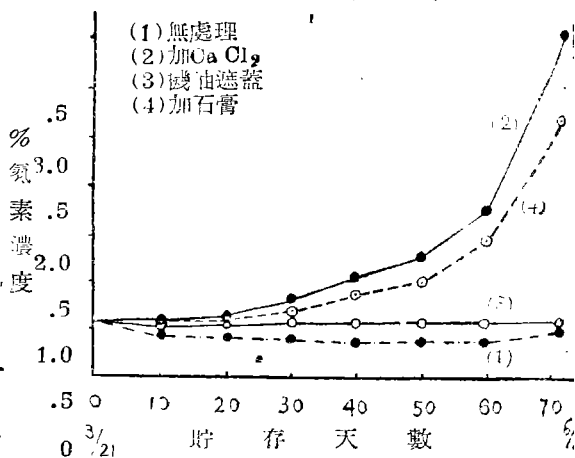
3. 用 機 油 遮 蓋	3/21	1	100.0	0.60	0.60	0.49	0.0
	3/31	10	100.0	0.58	0.58	0.49	3.3
	4/10	20	100.0	0.58	0.58	0.48	3.3
	4/21	30	99.9	0.58	0.57	0.43	5.0
	5/1	40	99.9	0.59	0.58	0.48	3.3
	5/11	50	99.0	0.59	0.58	0.45	3.3
	5/21 6/2	60 72	98.8 98.5	0.58 0.58	0.57 0.57	0.42 0.43	5.0 5.0
4. 加 石 膏	3/21	1	100.0	0.60	0.60	0.49	0.0
	3/31	10	91.0	0.58	0.53	0.14	11.7
	4/10	20	83.2	0.60	0.50	0.12	16.7
	4/21	30	61.0	0.70	0.43	0.07	23.3
	5/1	40	46.8	0.88	0.41	0.06	31.5
	5/11	50	38.5	1.03	0.39	0.03	35.9
	5/21 6/2	60 72	28.9 13.3	1.42 2.64	0.40 0.37	0.03 0.03	33.3 38.3

*氮氣包括氨與碳酸銨中氮素

圖一 人尿貯存氮素丟情形

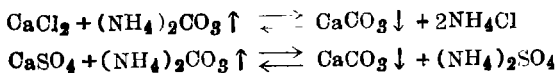


圖二 人尿貯存，氮素濃度之改變



以用機器油遮蓋表面，保存氮素成績，最為良好，七十二天內，僅丟失百分之五，添加氯化鈣，氮素丟失百分之十八，添加石膏，丟失百分之三十八，以未加處理者最劣，氮素丟失，竟達百分之九十。再察遮蓋機油，水分蒸發甚少，氮之濃度，亦未增減，添加氯化鈣與石膏者，水分減少甚多，而氮之濃度，由 0.60% 增至 3.62% 與 2.64%，不加處理者，水分與濃度，同時減退，總氮量由 0.6 斤，減至 0.06 斤。

氯化鈣與石膏之功效，可用以下方程式表明：



以上可逆反應變化，因碳酸鈣不溶解，故向右端推進，石膏溶解度甚小，故其功效亦較氯化鈣為薄弱。

二、人尿與土或麥桿發酵對於氮素之保持

本實驗起始於一九四七年八月二十五日，分為以下四個處理：

1. 無處理——每日用尿八斤，注入缸內。
2. 尿與麥桿混合——每日用尿八斤，麥桿四斤拌合，貯入洋灰池內。
3. 尿與土混合——每月用尿八斤，乾土廿四斤拌合，貯入洋灰池內。
4. 水與麥桿混合——每日用水代尿，其他與2項同。

連續加入材料，共計五十二天，此後任其發酵，不再添加，第二與第四處理保持水分約在60%上下，水分按需要情形補充。尿與麥桿發酵，溫度略升，保持 37°C 約有兩星期，水與麥桿發酵甚慢，溫度僅升高至 25°C，該年十二月二日採取樣本分析一次，腐爛尚未成熟，至翌年七月廿二日，再作第二次分析，採取樣本及分析方法，參照溫、韋、二氏方法(2)，先分析濕物，風乾後再層層分析，互作對照。

表二 人尿與土或麥桿發酵對於氮素之保持

處 理	發酵天數	乾 物		總 氮 量		保持原尿中氮素	
		Kg.	%*	Kg.	%*	Kg.	%*
1. 無 處 理	0	—	—	0.92	100.0	0.92	100.0
	99	—	—	0.41	44.6	0.41	44.6
2. 尿與麥桿	0	35.7	100	1.21	100.0	0.92	100.0
	99	62.9	66	0.69	57.0	0.40	43.4
	337	52.8	55	0.55	43.8	0.26	28.2
3. 尿 與 土	0	577.0	100	1.37	100.0	0.92	100.0
	99	577.0	100	1.13	82.5	0.68	73.9
	337	572.0	99	0.99	72.3	0.54	58.7
4. 水與麥桿	0	86.9	100	0.29	100.0	—	—
	99	82.4	95	0.32	110.0	—	—
	337	66.1	76	0.33	114.0	—	—

*百分保持量

麥根含氮 0.29% ，腐爛極為緩慢，加尿可增加速度，按保持尿中氮素言，以尿與土混合較好，十一個月後，仍可保存 59% ，其中十分之四，已變為硝酸態，尿與麥桿發酵，僅能保存 28% ，亦無硝酸根之發生。麥桿與水發酵極慢，氮素無顯著變化。

氮之丟失，大部為氨，實驗初期，丟失較多，接近紅色石蕊試紙，可迅速變為藍色。

三、土壤吸收銨根之性能

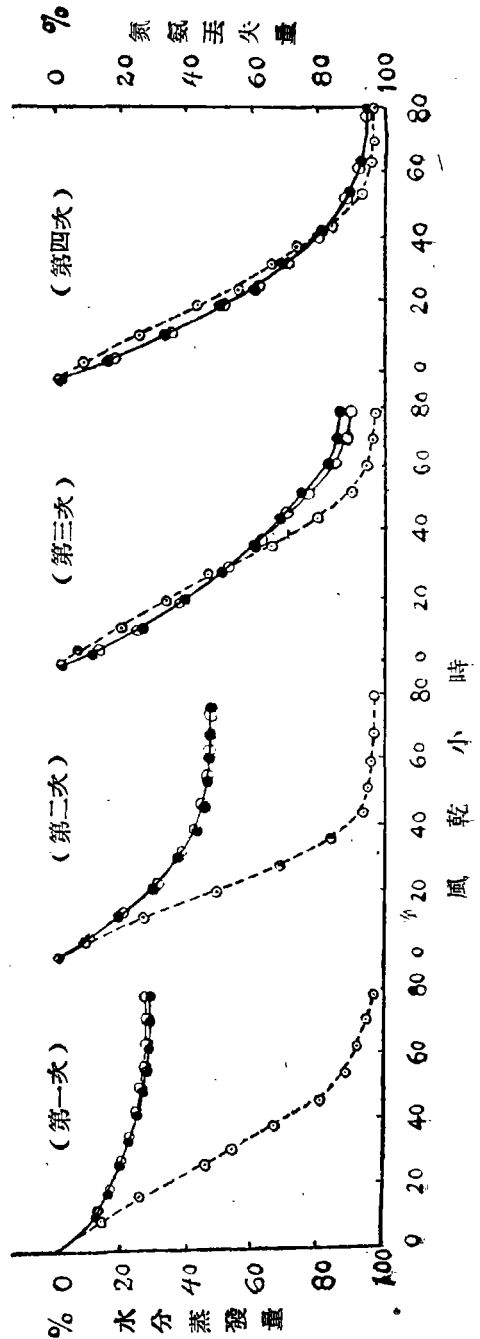
新鮮人尿中尿素迅速分解為碳酸銨，故陳舊人尿，可視為稀薄碳酸銨溶液，惟混有其他雜質而已。以下實驗，用人尿與約同濃度之碳酸銨溶液，同時進行，互作對照。

用風乾土五百克，置入抽氣瓶內，一瓶內加入人尿 150 c.c.，另一瓶內加入約同量之碳酸銨溶液，在 50°C 乾箱內風乾，同時用抽氣管，使空氣先經過濃硫酸乾燥後，通過瓶中，連帶所發生之氣體，通入標準硫酸，氮被吸收後，煮沸用標準鹼液滴定，每日更換標準硫酸及稱重一次，土壤水分由每次改變重量計算，俟水分及氮不再丟失時，另加入人尿或硫酸銨溶液 150c.c.，照法實驗，共計重覆四次，所得結果如圖三。

由圖三可知水分與氮丟失之速度有關，水分蒸發最快之階段，亦即氮丟失最快之時期，土壤水分降低至 3%，可丟之氮已大部丟去，若再繼續乾燥，氮之丟失，亦極為緩慢。每次風乾後，取土樣分析，證明用抽氣法測定氮之丟失，頗為準確。在實驗期間，硝化作用甚微，土中硝酸氮含量僅增高至 0.01%。人尿與碳酸銨溶液性質完全相似，第一次加入人尿風乾後氮素丟失 31%，土壤中銨氮量由 0.00 增加至 0.10%，第二次加入人尿再風乾後，氮素丟失 46%，土中銨氮量增加至 0.17%，第三次丟失 86%，土中銨氮增加至 0.20%，第四次丟失 95%，所加入之氮素，幾全部丟去，此後若再加入人尿或碳酸銨溶液，亦不能吸收。

用 Pari 氏法分析用土之可置換鹽基總量為 18.3 m.e./100 gm. 土，若被銨基置換完全後，含氮量應為 0.256%，但實際情況，若不洗去原土壤中所含之鹽

圖三 土壤添加碳酸銨溶液，水分蒸發與氮丟失之關係
○ 氮素(人尿) ● 氮素(碳酸銨溶液) ○ 水分



基，土壤吸收銨根，使土中含氮量僅可增高至 0.2%，約為總飽和量之 80%。

四、鉀、鈉、游子對於土壤吸收銨根之影響

華北土壤，pH 多在 7.0 以上，吸收銨根，係由於鹽基置換之原理，而不能直接與氮化合，若溶液內除含有銨根外尚含有鉀、鈉等游子，亦可同時被土壤膠體吸收，其影響如何，舉行了以下實驗。

參照 Knop 氏測定土壤吸收係數之方法，先測定人尿或碳酸銨溶液之銨氮含量，加入土壤振盪後，再分析溶液中減少之銨量，以計算百克土壤對銨根之吸收量，然後將溶液濾去，土不用水洗，移到 50°C 烤箱內風乾，（附着於土粒上之碳酸銨，可完全分解丟失）再分析風乾土中，銨氮量。改變溶液中銨根與鉀、鈉游子濃度，對於土壤置換銨根之性能，有顯著影響，結果如表三圖四。

表三 鉀鈉游子對於土壤吸收銨根之影響

（溶液用量為 200.0 c.c.）

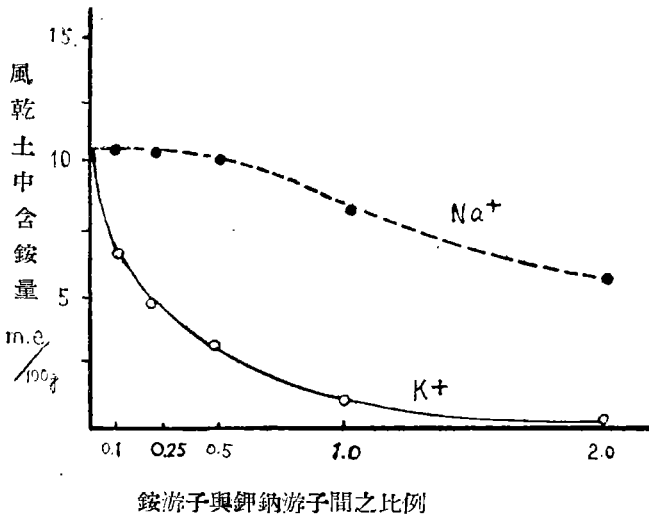
用土量 gm.	溶液內添加游子濃度			土壤與碳酸銨溶液			土壤與人尿		
	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	(1)*	(2)*	(3)*	(1)	(2)	(3)
	N.	N.	N.	m.e.	m.e.	%	m.e.	m.e.	%
50	0.30			18.8	11.7	38	16.1	9.6	41
50	0.15			18.6	11.2	40	14.6	8.1	45
50	0.10			15.7	9.9	37	12.4	6.7	46
50	0.05			10.6	7.7	32	9.1	5.3	42
50	0.03			7.4	6.4	27	6.4	4.1	36
200	0.10			8.1	6.5	19	6.9	4.9	30
150	0.10			9.6	7.3	24	7.7	5.4	30
100	0.10			12.3	8.7	30	9.4	6.0	36
50	0.10			15.8	9.0	43	12.4	6.7	46
25	0.10			20.6	9.0	56	14.4	6.4	55
50	0.30	1.20		15.0	6.1	59			
50	0.30	0.60		15.6	8.2	47			
50	0.30	0.30		18.1	10.0	45			
50	0.30	0.15		19.0	10.4	45			
50	0.30	0.075		19.0	10.8	43			
50	0.30	0.00		19.0	10.9	43			
50	0.30		0.60	8.0	0.2	97	9.4	1.6	83
50	0.30		0.30	12.6	0.8	94	13.7	2.1	85
50	0.30		0.15	18.8	3.0	85	14.0	4.0	71
50	0.30		0.075	18.3	3.9	79	17.1	4.3	75
50	0.30		0.03	19.4	6.8	65	18.3	7.1	61

(1)*用分析溶液中銨根減少數量，計算百克土壤對銨之吸收量。

(2)*用分析風乾土銨根增加數量，計算百克土壤對銨之吸收量。

(3)*土壤風乾過程中銨氮丟失百分率。 $\frac{(1)-(2)}{(2)} \times 100 = \%$

圖四 鉀鈉游子對於土壤吸收銨之影響



由表三、圖四分析結果指出，溶液內銨根減少數量，較風乾土增加數量為高，添加鉀游子後，兩種方法所得結果之差別，尤為顯著。蓋風乾期間，土壤上附着氯化鉀溶液，濃度增高，將土壤已吸着的銨根，再置換而出，故丟失銨量增大。溶液中添加同當量氯化鉀後，土壤對銨吸收力，顯明減退，每百克土吸收銨量，由 18.8 m.e. 降低至 13.3 m.e.。分析風乾土所得之結果，由 11.7 m.e. 降至 0.8 m.e.，土壤幾不能保留所有之銨根，而盡被丟去。

鈉游子對於銨基吸收之影響則甚微，增加同當量之氯化鈉，風乾後之土壤每百克尚含銨基 10.0 m.e.，若鈉游子濃度增加至二倍，風乾土中仍可保留 6.1 m.e.。

尿中含有大量氯化鈉，鉀之含量則甚微，故尿中鹽分，對土壤吸收銨的影響不大。

五、結 論

人尿中氮素，最易丟失，貯存七十二天，丟失可達百分之九十。故尿的貯存方法，應加注意，否則氮素丟失，僅餘有鹽分，施用後有害無益，為華北農民多不使用者原因之一。

尿的表面，若用機油遮蓋，或加密蓋使與空氣完全隔絕，兩個月後，尚可保存原尿中氮素 95%，添加氯化鈣或石膏，亦有相當效果。可保存氮素百分之八十與六十，石膏溶解度較小，其功效亦較氯化鈣為薄弱。凡一種鹽類，其金屬部分，可與碳酸根化合為沉澱者，皆有固氮之能力，如硫酸鐵，氯化鐵，硝酸鈣，亦必有同樣之功效，但藥品比較昂貴，不能普遍使用。

添加有機質發酵，亦可暫時保存一部氮素，按微生物與氮及蛋白質間之變化，亦是一個可逆反應，不能使氮素完全保留。再者消耗大量植物糞桿，在華北農村缺乏燃料情況下，亦有困難。

使用土壤保存氮素，為最經濟之材料，但用量必須很大。普通壤土，每百克可置換性鹽基總量，約為 15—20 m.e.，若能完全被銨基飽和，土中含氮量僅為 0.21—0.28%，但實際達到 0.2% 亦頗不易，在普通情況下，尿與乾土用量之比若為 1:4，土中氮素可增加 0.1%，氮素保持效率約為 70—80%，尚為適用。若再混入少量有機質，當更為有利。

土壤吸收銨根，顯受其他游子之干擾，以鉀游子之影響最大，鈉游子之影響則較小，堆製土糞時，若加入多量草木灰，灰中碳酸鉀不僅使鹼度增高，鉀游子且可降低土壤吸收銨根之能力，故以分別儲存，最為重要。

用土愈多，銨量愈少，保存氮素之效率亦愈大，在可能情況下，人尿應盡量用作追肥，冬季休閑期間，可直接運到田內，拌土保存，如此可減去往返運土之腳力，及貯存時不可避免之損失。若以每

畝施用氮肥五斤計，每畝增加鹽分，僅不過十斤，決不致對作物有何妨害，然產量必有顯著之增加。在華北慣行使用乾體肥料，人尿之儲存與利用，應加注意。

本文承陸欽範先生校閱，特誌謝忱。

參 考 文 獻

1. 陳尚謹 北平地區人尿利用之研究 I. 人尿、大糞乾與硫酸銨氮肥肥效之比較 中國土壤學會會誌 第一卷 33頁。
2. Winfield, G. F. etc. (1939) Cheeloo and Yenching Universities Agricultural Sanitation Investigation, Sixth Progress Report
3. Puri, A. N. (1938) Reaction Between Ammonia and Soil. Soil Science 45 p. 477
4. Davis, L. E. (1945) Theories of Base-exchange Equilibrium. Soil Science 59 p. 379
5. Puri, A. N. (1935) A New Method for Estimating Exchangeable Bases in Soil. Soil Science 40 p. 159

Studies on the Utilization of Human Urine as Fertilizer in Peking Area.

II. Storage of Human Urine

Shang-chin Ch'en and Sheng-hui Chiao

* Stored urine can be considered as a dilute solution of ammonium carbonate with some organic and inorganic impurities. Nearly all its nitrogen can be conserved by a close-fitting cover, or still better by a layer of lubricating oil. In so far as conservation of nitrogen is concerned, mixing urine with air dry soil is much better than with organic matter. Treatment with calcium chloride is also more effective than that with gypsum.

It is found that potassium ion exerts a very unfavorable influence on the absorption of ammonium ion by soil colloid, whereas the effect of sodium ion is much less. The fact that straw and wood ashes can not be mixed with urine earth, or soil compost rich in ammonia is not only due to the alkalinity of the ashes, but also due to the interference of potassium ion on the absorption of ammonia by soil colloids.