

砂丘地の生産力増進に関する研究

第4報 窒素質肥料のアンモニア溶脱について

小柴尚博・井田正二（土壤肥料学研究室）

Naohiro KOSHIBA and Shoji IDA

Studies on the Increase of Productivity of the Sandhill

(4) Studies on the Leaching of the Ammonium from Nitrogen Fertilizers.

緒 言

砂丘地に於て肥料が溶脱し易いことは、当然予想されることであり、前報の甘藷、麦の圃場試験及びその後に行ける試験の経験から、予想外の溶脱の仕方をする固形肥料については、既にその経過を検討したが、更に雨量と溶脱の関係、肥料の種類による溶脱の難易、砂土の種類による溶脱の差異、土壤溶液 pH の変化による溶脱の差異等については実際の施肥上疑問の点がある。即ち普通の土壤については、これらの点に関係した研究が数多く行われているが、有機物、粘土の極端に少い砂土については、大体の予測は出来るが、その程度は測り知れないので、砂丘地に於ける施肥理論の基礎を得るため、この実験を行った。

実験に当っては先に圃場試験を行った場所の土壤を用い、一部鳥取県内の充分熟畑化されたと考えられる弓ヶ浜の富益砂土を使用した。又置換容量の小さい砂土を使用する関係上、実験に当っては出来るだけ試料を多く用いるように努めた。実験に使用した肥料は普通農業に使用されると考えられるものの中から選んだ。

実験並に考察

実験に当っては、ガラスの円筒を用いて、添加水量を変え、各土層中に化学的、物理的に吸着されたアンモニア量を定量する方法と一定容器内に一定の添加水を加え、置換吸着されたアンモニア量を定量する方法をとった。

I) ガラス円筒による実験

James M. の方法に準じ内径 7 cm、長さ 70 cm のガラス製円筒に水で飽和した土壤 2,400 g を均一につめる。次に 600 g の土壤に対して 3,000 g の塩基置換容量に相当するアンモニアを飽和水量に相当する水溶液にして添加し、よく混合し、先につめた土壤の上方につめる。

しばらく放置した後、水を加えて一昼夜放置し、土層の各部分及び透過水中のアンモニアを定量する。この場合水の添加量は 100cc、300cc、600cc としたが、この水量は雨量の約 26mm、78mm、156mm に相当する。

使用土壤は、砂土として比較的生産力の低いと考えられる本学神西農場の土壤及び生産力の高いと考えられる富益土壤とした。両者の性質は第 1、2 表のようである

第 1 表 機械的組成

	組砂	細砂	微砂	砂含量	粘土
神西	75.5	14.0	6.0	95.5	4.5
富益	51.7	41.4	0.3	93.4	6.6

窒素質肥料として最もよく用いられる硫酸を使用して生産力の非常に異ると考えられる神西、富益砂土中に於けるアンモニアの溶脱の相違を比較した結果は第 3 表のようである。この結果によれば、100cc の場合は 30~49 cm より上方に NH_4^+ の大部分があり、200cc の場合には 30~50 cm に多く、600cc の場合には過半が 50 cm 以下にある。又生産力が高く、粘土含量、腐植含量、塩基置換容量、容水量等の大きい富益土壤に於てもアンモニアの溶

第 2 表 理 化 学 的 性 質

	容水量	pH	全酸度	窒素 (%)	腐植 (%)	塩基置換容量	吸収係数		$\frac{1}{2}$ N HCl 可溶		
							N	P_2O_5	P_2O_5	K_2O	CaO
神西	16.6	4.80	0.52	0.079	0.12	2.21	28.5	108.3	0.002	0.026	0.039
富益	31.4	6.02	0.95	0.110	1.08	3.14	56.0	127.2	0.011	0.029	0.052

脱状況は神西土壤に比較して、余り大きな差はない。

ただ 100ccの場合と300cc及び600ccの2つの場合を考えると上層に於ける分布の様相が異なる。即ち前者の場合には上層に於けるアンモニヤの量は神西土壤に少く、後者の場合には富益土壤に少い。従って実際の圃場施肥に当っては降雨量及び降雨強度をも考慮する必要がある。

次にNH₄NO₃, NH₄OH, (NH₄)₂CO₃, NH₄Cl, (NH₄)₂SO₄ の5種の肥料を神西土壤について比較検討した結果は第4表のようである。

第4表 肥料の種類による溶脱の相違 (NH₄+%)

深さ (cm)	NH ₄ NO ₃			NH ₄ OH			(NH ₄) ₂ CO ₃			NH ₄ Cl			(NH ₄) ₂ SO ₄		
	100	300	600	100	300	600	100	300	600	100	300	600	100	300	600
0 ~ 10	11.6	9.9	13.7	17.7	13.8	12.1	17.8	12.4	12.0	8.6	11.8	9.8	11.9	10.4	7.5
10 ~ 20	22.3	8.0	12.1	22.4	18.7	13.6	29.5	16.1	16.4	21.0	10.5	14.9	28.1	11.0	11.8
20 ~ 30	40.0	10.0	15.5	33.1	29.0	15.2	36.1	17.3	15.2	37.0	11.6	16.8	30.0	13.3	11.9
30 ~ 40	14.5	16.4	15.5	12.9	25.2	14.4	13.2	21.0	9.1	26.0	18.0	13.5	26.7	30.3	13.1
40 ~ 50	8.6	48.9	14.8	9.4	8.3	16.7	2.4	30.8	16.6	5.7	33.6	11.5	2.2	25.3	14.2
滲透水	3.0	6.8	28.4	4.5	5.0	28.0	1.0	2.4	30.7	1.7	14.5	33.5	1.1	9.7	41.5

この結果によれば 100cc 添加の場合には何れの肥料も 20~30cm に最も多く、40cm 以下には極端に少くその中でも (NH₄)₂SO₄, (NH₄)₂CO₃ が少い。300cc 添加の場合には NH₄NO₃ が他の肥料とちがって 0~30cm 間に少い。600cc 添加の場合には、上層に実験誤差が現われているが 40cm 以下に約半量溶脱することは同様の傾向を示している。

以上のガラス円筒による実験の結果添加水分量の相違による砂土中のアンモニヤの移動の大体の傾向をうかがい知ることが出来た。

II) アンモニヤの吸着に関する実験

実際圃場に於ける状態に似せて、ガラス円筒を用い、降雨量に似せて、添加水量を変えてアンモニヤの砂土中に於ける大略の溶脱状態を検討したが、更に砂土のアンモニヤに対する詳細な性質を知るため、一定の状態で砂土にアンモニヤを含む溶液を加え、吸着の状況を次のような方法で検討した。供試土壤は神西のものを使用した。

〔各種塩類によるNH₄+の吸着〕

肥料の種類により砂土に吸着される NH₄+ の量が何のようになりかを見るため、風乾細土 50g を三角フラスコに入れ、これに各種塩類を溶解した 100cc の水溶液を加え密栓して 2 日間放置した。其後これを口過し、口過液中の NH₄+ を定量し、添加量との差を吸着された NH₄+ 量とした。供試した塩類は燐安、炭安、硫安、硝

第3表 異なる土壤中のアンモニヤの分布 (NH₄+%)

深さ (cm)	100cc		300cc		600cc	
	神西	富益	神西	富益	神西	富益
0 ~ 10	11.9	22.1	10.4	7.9	7.5	6.6
10 ~ 20	28.1	36.3	11.0	8.2	11.8	7.0
20 ~ 30	30.0	34.2	13.3	18.8	11.9	7.3
30 ~ 40	26.7	6.1	30.3	11.3	13.1	8.0
40 ~ 50	2.2	1.0	25.3	49.1	14.2	23.5
滲透水	1.1	0.3	9.7	4.7	41.5	47.6

安、塩安の5種類で、何れも NH₄+ として土壤の置換容量に相当する量を添加した。その結果は第5表のようである。

第5表 各種塩類溶液より吸着したNH₄+

	燐安	炭安	硫安	硝安	塩安
100g 土壤中に吸着されたNH ₄ + (m.e.)	0.41	0.63	0.38	0.32	0.24
NH ₄ + (m.e.) × 100 / 置換容量	18.6	28.5	17.2	14.5	10.9

この結果より考えれば、炭安 > 燐安 > 硫安 > 硝安 > 塩安 > の順によく吸着される。又置換容量の 10~30% を占めている。前述のガラス円筒による実験によれば、大差はなかったが、このような状態では陰イオンの差により吸着に著しい差を見た。この結果は他の土壤についての奥田、潮田、原田氏等の結果と殆ど同様の傾向にある。

炭安の NH₄+ が土壤によく吸着されることは既に多くの人が報告して居るところであり、この実験結果からもうかがえるが、圃場試験結果で尿素区の収量が劣って居るのは施肥方法が追肥 1 回のため、降雨により尿素のまま溶肥したか、NO₃- に変化して溶脱したと考えられ、天候と施肥方法がよければ更に多収が予想される。燐安、硫安、硝安についてはこの結果と圃場試験の結果とは似た傾向にある。

〔pHを異にする塩類溶液より吸着したNH₄⁺〕

緩衝作用の小さい砂土については、土壤溶液のpHの相違が作物生育に大きな関係⁽⁹⁾を有すると言われているので、pHの変化が何のようにNH₄⁺の吸着に影響があるかを検するため、風乾細土50gに置換容量に相当する量の塩安、醋安を100cc加えて、前記と同様の方法によりNH₄⁺の吸着量を定量した。

第6表 pHを異にする塩安、醋安より吸着したNH₄⁺

pH	塩 安		醋 安	
	NH ₄ ⁺ 量 100g中 NH ₄ ⁺ (m.e.)	NH ₄ ⁺ × 置換容量 100	100g中 NH ₄ ⁺ (m.e.)	NH ₄ ⁺ × 置換容量 100
4	0.15	6.9	0.28	12.6
5	0.21	10.0	0.33	14.9
6	0.24	10.9	0.34	15.4
7	0.24	10.9	0.34	15.4
8	0.26	11.9	0.39	17.6

この結果は他の土壤についての実験結果と殆ど同様で弱酸の塩類の方が強酸の塩類よりも良く吸着される。又原田、久津那氏⁽⁷⁾はNH₄⁺の吸着に及ぼすH⁺の影響は腐植質土壤では大であるが鈹質土壤では小さいと称して居るがこの結果から見てもpH4、8のような極端な場合を除きH⁺の影響は余りないようである。

〔石灰飽和度を異にする場合のNH₄⁺吸着〕

第1報に於けるように圃場試験に於て珪酸石灰を相当80貫という多量に与えたが、収量は施用区と無施用区の間有意差がなかった。置換容量の小さい砂土に於て、多量の石灰を加えても有意差がないということは、理解出来なかったので、石灰とアンモニヤの吸着の関係を実験室内で検討した。

供試土壤は石灰飽和土壤と水素飽和土壤を混合した50 mesh以下のものを用いた。石灰飽和土壤の作製は50 mesh以下の風乾土に0.5N CaCl₂溶液を加えて一昼夜放置後ブフナー漏斗上に集め、1N CaCl₂溶液で充分に洗滌した後、メタノールで遊離のCaCl₂をClの反応がなくなる迄洗滌し風乾した。水素飽和土壤は0.1NHClを加えて一昼夜放置し、後ブフナー漏斗上に集めて、水でClの反応がなくなるまで洗滌し、風乾した。

両飽和土壤を石灰飽和土壤が100、75、50、25、0%になるようによく混合し、この混合物50gに対し、50ccの醋安溶液を添加し、時々振盪して、一昼夜放置後遊離の醋安をメタノールで洗滌し、10%の酸性NaCl溶液でピーカー中に移し、よく攪拌し、約1時間後酸性NaCl液で口過洗滌し、洗液を一定量とし、その中のアンモニヤを定量した。50ccの醋安中にはアンモニヤの

2m.e. 4m.e.を含むようにした。その結果は第7表のようである。

第7表 Ca⁺⁺%を異にする砂土の吸着したNH₄⁺

石灰飽和土壤の割合 (%)	100g土壤の吸着したNH ₄ ⁺ (mg)	
	2m.e.添加の場合	4m.e.添加の場合
100	12.23	17.07
75	14.78	17.36
50	18.06	18.22
25	19.20	20.37
0	20.44	20.52

この結果より考えれば添加NH₄⁺量を増加すれば吸着量は何れの場合も増加する。又石灰飽和土壤の割合が多ければ多い程NH₄⁺の吸着量は減ずる。このことは圃場に於て石灰を施用する場合、反応中和には役立つが土壤のアンモニヤ吸着の面からは負になることに注意すべきである。

要 約

前報に於ける甘藷、麦の栽培試験の結果、肥料の溶脱が収量に大きな影響を与えていると考えられたので、室内実験により検討した結果は次のようである。

- (1) 生産力の非常に異ると考えられる神西土壤と富益土壤について、ガラス円筒による実験を行ったがアンモニヤ溶液に関し、両者の間に余り差異は認められなかったが、凡その溶脱の傾向、分布の状態が分り、特に添加水量600cc以上の場合に約半量のアンモニヤが40~50cm迄溶脱することは砂丘地に於て施肥後に大雨があった場合、考慮すべきである。
- (2) 肥料の種類に関しては、ガラス円筒による実験の結果は、殆ど同様の傾向を示し、特異なものは見られなかったが、土壤による吸着の面からは、炭安次いで燐安、硫安の吸着量が多かった。
- (3) 塩類溶液のpHを異にした場合の実験では極端な場合を除き余り変化はなかった。
- (4) 吸着石灰量を異にする土壤に対して吸着されるNH₄⁺量は石灰量が少い程、多くなった。

文 献

- (1) 小柴尚博・十川博・岡田惇：島根農大研報4：14、1956
- (2) 小柴尚博・十川博：島根農大研報5：16、1957
- (3) 小柴尚博・十川博：同上：19、1957
- (4) 奥田東・堀士郎・高橋英一：土肥学関西支部講演要

- 旨, 1959
- (5) 潮田常三・後藤孝雄: 土肥学雑誌24: 12, 1953
- (6) 原田登五郎・久津那浩三: 土肥学雑誌講演要旨: 32
1955
- (7) 原田登五郎・久津那浩三: 農業技術研究所報告, B
5: 1, 1955
- (8) James M.: Soil Sci., 73: 383, 1951
- (9) Spencer W. F.: Soil sci., 77: 129, 1954

Summary

By the fertilizing experiment on the sand hill, it was observed that the loss of plant nutrients by leaching has a pronounced effect on the yield. So, we carried out experiment upon the leaching of NH_4^+ by laboratory work. The results are summerized as follows:

Two kinds of sandy soils were used in this investigation-jinzai sandy soil of the low productivity and Tomimasu sandy soil of the high productivity. Each of these soils was filled in a cylinder of 7cm diameter and 70cm length, and ammonium sulphate was added upon the soils. Pouring water 100cc, 300cc, 600cc upon the soil,

NH_4^+ absorbed in each horizon was analyzed, but there was not so difference between the two soils.

Various fertilizers were tested by the same method, but no remarkable fact was found. By another experiment, it was found that NH_4^+ from ammonium carbonate was much absorbed by the soil, but from amm. phosphate and amm. sulphate was not so much. The pH difference of the soil solution did not affect to the NH_4^+ absorption of the soil.

When the soil contained much Ca^{++} , the absorbed NH_4^+ by replacement became little.