

畑状態のインキュベーションにおける湿田土壌の硝化菌の不活性について

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
巻/号	4111
掲載ページ	p. 453-456
発行年月	1970年11月

畑状態のインキュベーションにおける湿田土壌の硝化菌の不活性について

永井 恭三*・久保田正亜*

1. 緒言

著者らは先にハウス土壌において、硝化作用に伴う亜硝酸の揮散の程度を知る目的で、コンウェイユニットを利用するインキュベーション実験について報告した¹⁻³⁾。

さらに普通の畑や湿田の風乾表土を、畑状態にインキュベーションした場合に、亜硝酸の揮散がどの程度起こるかについて、この方法によって比較的長期間にわたり調べてみた。その結果、赤ノッポ熟畑土壌では、相当量の揮散が認められた⁴⁾のに対して、湿田土壌においては、いずれも揮散はおろか、添加 $\text{NH}_4\text{-N}$ はほとんど硝酸に変化していなかった。

ここで二、三の湿田土壌の硝化作用について、検討を試みた結果、水分の少ない畑状態にあっては、これらの土壌の硝化菌は湛水条件下にあるよりも、不活性であることを確かめた。以下これについて報告する。

2. 実験方法

はじめに風乾保存中の土壌を、それぞれ畑状態および酸化的湛水条件下で、供試したが、後述するように、畑状態においては、全く硝化菌が不活発であった。そこで風乾処理の影響を除く目的で、新たに同一土壌を採取し、ただちに、ほぼ畑状態の水分になるまで風乾した土壌についても、同様な実験を繰り返し行なった。ついで畑・湿田両土壌について、浸透圧による影響の程度をしらべるために、酸化的湛水条件下で、量を変えて塩を添加しこれに伴う硝化作用の変化を比較した。

1) 風乾保存土壌のインキュベーション

供試土壌は茨城県新治郡出島村および行方郡北浦村における、米作日本一競作会において、それぞれ昭和41年、38年度に茨城県第一位となった多取湿田と、その隣接普通作田表土である。土壌はともに昭和42年4月初めに採取し、ただちに室内で風乾後調製 (<1mm) し、試葉びん内に密封保存しておいた。さらに長野県松本市新村の昭和39年度、米作多収穫日本一水田の隣接田より、昭和40年3月上旬に表土を採取し、同様に調製保存しておいたのも供試した。

上記5点の風乾土壌について、昭和44年1月に畑水

分の場合と、水田のように湛水下にあるが、よく攪拌して酸化条件下に保った場合(酸化的湛水条件下)の二つの場合におけるインキュベーション実験を行なった。

操作 酸化的湛水状態のインキュベーション——風乾土壌10gをペトリーざら(内径9.5cm)に採り、これにN+P+K液(一級硫酸アンモニウム2g、同じくリン酸一カリウム、リン酸二カリウム0.4gずつを水にとかして、250mlとしたもの)1.25ml(約200ppm $\text{NH}_4\text{-N}$)と水約9mlを加え、よくかき混ぜ、一様に広げてから、さらのふたをして、30°C定温器内に38日間(または52日間)インキュベーションした。毎日蒸散した水分を補給し、さらに朝夕の2回、よく攪拌した。水田と畑のような極端な土壌水分の相違が、硝化作用にどのように影響するかを知るのが目的であるから、湛水下の土壌全体が同じように硝化作用を営みうるように、このような操作を行なった。

インキュベーション後すぐに、土壌の一定量をN塩化カリウムで定容としたものについて、微量拡散分析法で $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ を求め⁵⁾、別に常法によって水分を求めてから、乾土当たりの上記窒素量を計算した。

畑状態のインキュベーション——風乾土50gを300mlポリピーカーにとり、上記のN+P+K液9.5ml(約300ppm $\text{NH}_4\text{-N}$)と水11~16ml(最大容水量の約60%)を加え、よくかき混ぜてから、時計ざらでふたをして、以下上記のとおり操作した。

2) 採取直後のよく風乾しない土壌のインキュベーション

1)の茨城県の土壌4点を昭和44年7月下旬、湛水状態の水田より採取し、水の多い懸濁土壌をその日のうちに、1mm以下にし別後、室内でバットに広げ、風乾により一、二日後にどの土壌も最大容水量程度の水分にまで乾かした。湛水状態インキュベーションのものは、これら湿潤土壌を風乾物10g相当量、1)と全く同様にペトリーざら(内径9.5cm)に採り、N+K+P液1.25ml(約200ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ /風乾土)と水を加えてよくまぜ合わせ、1)と同程度の懸濁状態として、30°Cに38日間インキュベーションした、インキュベーション中の処理やその後の操作は1)と同じである。

畑状態インキュベーションの場合には、各土壌いずれも風乾物50g相当量の湿潤土壌を1)の場合と同じく、

* 茨城大学農学部(茨城県稲敷郡阿見町)

昭和45年2月16日受理

日本土壌肥科学雑誌 第41巻 第11号 p. 453~456 (1970)

300 ml ポリビーカーにとり、N+P+K 液 9 ml を加えてから、さらに一夜風乾し、適量と思われる畑水分としてから、よく攪拌し、均一な畑状態とした。以下の操作は 1) と同じようにして、30°C に 38 日間インキュベーションした。なお本実験条件下で、硝化作用が円滑に行なわれうるや否や検定をする目的で、硝化作用の活発な風乾熟畑土壌 II-4⁶⁾ について、最大含水量の 60% 程度の畑水分状態として上記と同様なインキュベーション実験を行なった。

3) 硫酸カリウム添加の酸化的湛水下土壌の硝化作用に及ぼす影響

土壌を畑水分状態・湛水状態にしたとき、溶存塩類による浸透圧の相違が考慮され、これに起因する硝化作用のちがいを検討する目的で、茨城県の火山灰性赤ノッポの未熟畑表土と、1) で供試した風乾多収田土壌について、硫酸カリウムの添加量を変えて、酸化的湛水状態でインキュベーションして両者の硝化作用を比較した。なお硫酸カリウムを添加したときの、両懸濁土壌の浸透圧の指標とみなしうる電気伝導度を、常法によって東亜電波工業社の C-M-3 M 型電導計を用い測定した。

操作 赤ノッポ未熟畑風乾土壌 II-10⁶⁾ (<1 mm) または保存中の風乾出島多収田土壌、いずれも 10 g をペトリーざらに採り、上記 N+P+K 液 2.5 ml (約 400 ppm NH₄-N) と硫酸カリ液 (一級硫酸カリウム 350 mg を水 100 ml に溶解する。このモル濃度は 560 μg NH₄-N/ml に相当する) それぞれ 0 ml, 3 ml, 6 ml を加え、さらに水を追加して全液量を 10 ml としてよくまぜる。一様に広げてから、さらのふたをして、30°C 定温器内に 45 日間インキュベーションした。この間の処理やインキュベーション後の窒素の定量は 1) と同様である。

3. 実験結果と考察

1) 風乾保存土壌のインキュベーション

実験結果は第 1, 2 表に示した。茨城県の 2 多収田土壌と長野県土壌では、酸化的湛水状態のインキュベーションの場合に、いずれも相当量の硝酸生成が認められたが、畑状態ではこれがほとんどみられなかった。隣接田

第 2 表 風乾保存湿田土壌の畑状態のインキュベーション実験成績 (mg/乾土 100g)

土 壤	インキュベーション前			インキュベーション後		
	pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N
出島多収田	5.25	31	1	5.35	29	1.5
同上隣接田	5.25	30	1.5	5.6	48	1
北浦多収田	5.35	32	1.5	5.6	37.5	0.5
同上隣接田	5.85	29.5	2	5.9	41	1
長野県湿田	5.9	33.5	1.5	6.2	42	2

注) 出島多収田・北浦隣接田土壌のインキュベーション期間は 52 日

土壌についてはともに、畑状態においてはもちろんのこと、酸化的湛水下の場合も硝酸化量は微量であった。茨城県多収田土壌・長野県土壌において、畑状態インキュベーションの場合に、硝化菌の不活性を示すことについての考察は後述する。

2) 新採取土壌のインキュベーション

実験結果を第 3, 4 表に示した。1) の実験で風乾土壌の畑状態インキュベーションでは、ほとんど NH₄-N の酸化は行なわれなかったが、第 4 表の新採取土壌の成績は、相当活発に硝化作用の営まれたことを示す。ただ緻密な土壌水分の規定を行わずに実験したので、水分の多い北浦多収田土壌は、酸化的湛水状態の成績に匹敵する程度に、よく酸化が進んでいる。これを今仮に水分含量を半減してインキュベーションしたとしても、出島土壌の成績よりみて、風乾処理土壌のように硝化作用がほとんど停止するとは考えられない。したがって風乾保存処理が、硝化菌の不活性化をもたらしたことはまちがいない。

第 3 表 新採取湿田土壌の酸化的湛水下のインキュベーション実験成績 (mg/乾土 100g)

土 壤	インキュベーション前			インキュベーション後		
	pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N
出島多収田	5.2	33	0	3.85	4	31.5
同上隣接田	5.2	39.5	0	4.25	3.5	39.5
北浦多収田	5.4	37	0	4.2	3.5	40
同上隣接田	5.4	36	0	3.9	7.5	35

第 1 表 風乾保存湿田土壌の酸化的湛水下のインキュベーション実験成績 (mg/乾土 100g)

土 壤	土 性	炭 素 (%)	窒 素 (%)	C/N	インキュベーション前			インキュベーション後		
					pH(H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	pH(H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N
出島多収田	暗褐色砂壤土	2.46	0.25	9.85	5.35	22	1	4.7	11.5	32
同上隣接田	同 上	2.78	0.27	10.3	5.3	21	2	5.75	43	3
北浦多収田	褐色砂壤土	3.27	0.31	10.55	5.35	24.5	2	5.0	23	19
同上隣接田	同 上	3.13	0.28	11.2	5.8	26.5	2	5.6	39	7
長野県湿田	灰色砂壤土	2.26	0.23	9.8	5.9	25.5	2	4.9	10	19

注) 出島多収田・北浦隣接田土壌のインキュベーション期間は 52 日

第4表 新採取湿田土壌の畑状態インキュベーション
実験成績 (mg/乾土 100g)

土 壤 (最大容水 量%)	水分含量 % (対最大容 水量%)	インキュベ ーション前			インキュベ ーション後		
		pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N
出島多収田 (50)	25 (50)	5.2	36	0	4.65	25	11
同上隣接田 (47)	35 (74.5)	5.2	37	0	4.5	22	15
北浦多収田 (55)	49 (89)	5.45	37	0	4.4	6	30
同上隣接田 (47)	40.5 (86)	5.4	31	0	4.6	15	16.5
熟 畑 土 壤 II-4 (66)	35 (53)	5.5	38.5	7	4.45	1	45

ないといえよう。

しかしながら、第3表の酸化的湛水下の硝化試験の成績と第4表とを比較してみると、北浦多収田土壌以外はいずれの土壌も、明らかに酸化的湛水条件のほうが、硝化作用の活発であることは否定すべくもない。なお熟畑土壌の硝化作用は、水田土壌と異なり、畑状態においてもじゅうぶんに活発であることは、第4表に明らかである。

すなわち、採取直後のよく風乾しなかった湿田土壌の硝化菌は、風乾保存処置をしたものよりも、はるかに活性であることは確かであるにせよ、この活性な硝化菌においても、過剰な水分の存在する環境にあるほうが、畑地水分状態にあるよりも、いっそう活発に活動しようと認められる結果が得られた。

3) 硫酸カリウム添加の硝化作用に及ぼす影響

実験結果を第5表に示した。硫酸カリウム増加の効果を浸透圧でなくて、電導度を測定して推定したが、表にみるように、湿田土壌は畑土壌に比較して、塩添加の影響

第5表 硫酸カリウムを添加した場合の畑・湿田土壌の酸化的湛水
状態のインキュベーション実験成績 (mg/乾土 100g)

土 壤	インキュベ ーション前後 pH, N, 電導度 硫酸カリ ウム添加量	インキュベ ーション前				インキュベ ーション後		
		pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	電導度 mmho/cm (1:5, 20°C)	pH (H ₂ O)	NH ₄ -N	NO ₃ -N
畑 土 壌	0	5.2	44	1	1.0	4.7	27	27
	少	5.15	44	1	1.2	5.0	22.5	24.5
	多	5.15	44	1	1.25	5.0	27	18
湿 田 土 壌	0	5.5	38	1	0.75	5.1	30	26
	少	5.45	38	1	1.05	5.3	35	15
	多	5.45	38	1	1.2	5.3	32.5	8.5

響が大きいことがうかがわれる。硝化作用についてみれば、塩の添加量が多くなるほど、両土壌ともにインキュベーション後の NO₃-N 量は減少しているが、NH₄-N 量は各処理間にあまり相違はない。両土壌の NO₃-N 生成量を比較してみると、畑土壌においては、塩の添加量が多い場合は、硝酸の生成がかなり抑制されるが、少ないときは、添加の影響はあまりみられない。水田土壌では、これに反して、少量の添加によっても、硝酸化は阻害され、多量を加えた場合は、無添加の場合の生成量の 1/3 を示すにすぎない。インキュベーション後の各処理土壌の NH₄-N と NO₃-N との合量は、硫酸カリ

ウムの添加量が多いほど減少しており、多量添加のものは、インキュベーション前の値よりわずかに多い。

上に述べたように、畑土壌では塩添加による電導度の増加が少ないので、畑・湿田両土壌間の硝化作用の不活性化の相違を、ただちに電導度、すなわち浸透圧に対する抵抗性の大小と関連づけることはできない。しかし両土壌がほぼ等しい電導度を示す、多量添加の場合の成績から考えれば、未熟畑土壌の硝化菌のほうが、湿田土壌のものよりも、浸透圧に対してより抵抗性があるということも否定できないようである。

さて湿田土壌を畑状態にして、インキュベーションすると、酸化的湛水状態の場合と比較して、硝化作用が不活性となる理由を考察してみよう。湿田土壌が畑状態になった場合に、好気性菌の活動が盛んになって、易分解性の土壌有機物の酸化分解が優越して、酸素の需要が増加し、これにより硝化菌活動が抑制されるのではないかと考えられる。しかしこれについては、長野県湿田土壌は土壌有機物がよく酸化を受けており、腐植含量の非常に少ない土壌であるにもかかわらず、畑状態のインキュベーションでは、やはり硝酸化成分がほとんどみられないことよりみて、必ずしも決定的な原因とはなりえない。考えられることは、これら湿田土壌の硝化菌は、畑土壌のものとは異なり、一般に常に過剰の水分下にある。したがって各種水溶性成分の希釈された濃度の影響下(弱い浸透圧下)では、生活できるが、濃度が増加して浸透圧が大きくなってくると、第5表の成績が示すように、その活動はしだいに強く妨害されてくるのではないかとということである。広瀬らの水田土壌の硝化作用は、畑状態のインキュベーションにおいて、水分が多い

ほど、活発であった⁷⁾という報告もみられるが、要するに、土壌中の硝化菌は環境に適応した体制をみずから作っており、浸透圧に対する抵抗性も、土性をあまり異にしないかぎり、一般には塩類の集積しているハウス土壌において最高を示し、普通畑土壌、乾田土壌の順に弱まり、湿田土壌において最低となっているのではないかと推測されるようである。したがってまた 1), 2) の実験結果が示すように、土壌の風乾処理による硝化菌の活性化の低下の程度も、湿田土壌において最も著しいのではないかと推定される。

4. 要 約

茨城県の 2 組の多収湿田とその隣接田、および長野県松本市の湿田より、いずれも表土を採取して、よく風乾後約 2 年間またはそれ以上保存中のもの、またはこれらを採取後数日以内に、だいたい畑水分にまで風乾した、取りたてのもの (いずれの場合も 1 mm 以下に調製) を、畑状態と、酸化状態における湛水下の二つの場合について、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を添加し、 30°C に 38 日間 (または 52 日間) インキュベーションした。別に上記の保存多収田土壌の一つと、茨城県火山灰性赤ノッポ未熟畑表土について、硫酸カリウムを量を変えて少量添加した、酸化的湛水条件下のインキュベーション実験を行なった。いずれの場合も、インキュベーション前後の土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ を定量比較して、硝化作用の程度をしらべた。

その結果、5 点の風乾保存湿田土壌においては、いずれも畑状態のインキュベーションにおいて、硝酸化成分がほとんど認められなかったが、酸化的湛水状態のインキュベーションでは、茨城県の 2 多収田土壌と長野県土壌

には普通量の硝酸が生成した。茨城県の 4 点の採取後不完全風乾新鮮土壌においては、畑状態のインキュベーションで、水分の多い多収田土壌が硝化作用が活発で、酸化的湛水下のものと、たいして劣らない成績が得られ、ほかの 3 点も、水分含量の大きいことも好影響したと思われるが、添加 $\text{NH}_4\text{-N}$ の 1/2~1/3 が硝酸に変わっており、風乾保存土壌よりも、はるかに活性が大きかった。しかしながら、酸化的湛水状態のインキュベーションでは、残存 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量は、きわめて少量で、添加したアンモニアはほとんどみな硝酸に変化しており、不完全風乾土壌においても、水分の過剰な状態のほうが、活性であることには変わりはない。硫酸カリウムを添加したインキュベーションでは、添加量を増すほど、畑・湿田両土壌ともに、硝酸生成量は減少したが、減少程度は畑土壌よりも、湿田土壌に著しかった。

以上の実験結果から、湿田土壌の硝化菌は、風乾処理に対する抵抗が、多収田土壌のものでも弱く、したがってまた、畑土壌の硝化菌と比較して浸透圧に対する抵抗性が小さいように推察される。

文 献

- 1) 永井恭三・久保田正亜・小松鋭太郎：土肥誌，39，199 (1968)
- 2) 永井恭三・久保田正亜・小松鋭太郎：土肥誌，39，370 (1968)
- 3) 永井恭三・久保田正亜・小松鋭太郎：土肥誌，40，74 (1969)
- 4) 永井恭三・久保田正亜：土肥誌，40，401 (1969)
- 5) 永井恭三：土肥誌，36，398 (1965)
- 6) 永井恭三：土肥誌，37，435 (1966)
- 7) 広瀬春朗・熊田恭一：土肥誌，34，339 (1963)