

農薬の部分殺菌効果に関する研究 (第1報)

各種農薬による土壤窒素の形態変化 (その1)

平 山 力

Researches on the Partial Sterilization Effects of the Pesticides.

1. On the changes of the states of nitrogen of soils as the effects of pesticide dressing. (1)

CHIKARA HIRAYAMA

1. 緒 言

土壤病害の防除, 除草, 殺線虫の目的で, 土壤に対する直接の農薬投入が広く行なわれている。これらの薬剤の土壤中における行動や, 土壤諸成分の変化におよぼす影響については, 既に若干の報告^{1)~4), 7)~9)}, がなされているが, 未だ明らかでないものが多い。これらの農薬の施用が, その本来の目的以外の立場からも作物の生育を有利にすることは古くから知られていることである。その理由の一つとしては一般に農薬の部分殺菌効果があることが考えられているが^{5)~8), 10), 11)}, その内容を総括的なものとして取上げたものには接し得ていない。この研究はこれらの関係を明らかにする上での手がかりを得るために行なうこととしたものである。この報告ではこの一連の研究への出発点として, 殺線虫剤の作物生育への影響を求めた結果と各種農薬の部分殺菌効果に基づく類型の設定の結果をのべる。

2. 殺線虫剤処理と作物生育との関係

まず, 土壤殺線虫剤の効果の内容を知るために, 植木鉢試験を行なった。供試土壤は茨城県南部に分布する比較的に地力の高い暗褐色火山灰性土 (A, S, K 法で壇塚土) の中から線虫被害の訴えのないもの (採取地は稲敷郡阿見町西方区, 以下健全土と呼ぶ), および線虫被害の訴えのあるもの (採取地は稲敷郡阿見町立ノ越, 以下不健全土と呼ぶ), を選んだ。供試殺線虫剤は, クロールピクリン, D-D, スミデー, ネマヒューム, ネマホープ, の5種である。試験区は上記2種の土壤に5種の農薬を添加した10区の他, 各土壤の無処理2区の合計

12区である。

1) 試験方法

石礫その他粗大物を徐いた上記土壤 1.5 kg (生土) を径 18 cm の素焼植木鉢に詰め, 鉢全体を盛り上げた床に埋めて, 水分は床面に均一に撒布することくして試験を行なった。3連制, 供試作物は小松菜, 品種は卯月。施肥量は硫酸, 過石, 塩加で N, P₂O₅, K₂O でそれぞれ 0.2 g である。

2) 生育状況および収穫物

5月9日播種, 5月13日各区共一様に発芽したが, ネマヒューム, ネマホープは順に発芽率は悪かった。以後5日目位から無処理区に比し処理区の生育がまさり, しかも処理不健全土の方が, 処理健全土よりまさる傾向を示し, 逐次生育期間と共にその差は明確であった。生育期間全体を通じネマヒュームはやや劣り, ネマホープは皆無になった。5月22日, 間引き, 1鉢当り5本とした。作物の生育の状態を6月11日に刈取った収穫物の風乾物重で示した結果は第1表のごとくである。

第1表によると, 健全区はクロールピクリン処理区の収量が無処理区に較べて高いのみであるが, 不健全区ではクロールピクリン, D-D, スミデーの各区が高い収量を示している。この結果からはクロールピクリン処理区は明らかに部分殺菌効果を示している如くであるが, 土壤線虫は多くの土壤に発見される。正確なる測定は検し得なかったが, Beerman の方法¹²⁾ によると健全土といえどもかなりの線虫存在が認められている。したがってこの結果のみからクロールピクリン処理区の部分殺菌効果を知ることは不可能であった。

第1表 小松菜の収量（風乾物重）

	無処理区	クロールピクリン区	D-D区	スミデー区	ネマヒューム区	ネマホープ区
健全区	9.3 gr	12.0	9.5	10.0	9.7	0
不健全区	7.2 gr	14.2	15.5	12.0	7.0	0

第2表 小松菜の3要素，成分濃度及び1鉢当り吸収量

	成分含量（乾物中%）						土壌より吸収せる養分量（gr）					
	健全土			不健全土			健全土			不健全土		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無処理区	2.13	0.74	5.6	1.84	0.47	4.6	0.198	0.069	0.521	0.133	0.034	0.331
クロールピクリン区	2.48	0.83	6.4	1.61	0.64	5.2	0.298	0.100	0.768	0.229	0.091	0.738
D—D区	2.34	0.85	6.3	2.02	0.48	5.6	0.222	0.076	0.599	0.313	0.074	0.868
スミデー区	2.48	0.68	5.0	2.93	0.56	5.1	0.248	0.085	0.500	0.352	0.067	0.612
ネマヒューム区	2.42	0.68	6.8	1.33	0.67	5.0	0.235	0.066	0.660	0.096	0.048	0.360
ネマホープ区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

備考：P₂O₅ は永井の方法¹³⁾，N はケルダール法に，又，K₂O はフレーム・フオートメーターを用いて燐光度法により測定した。

3) 各処理区の養分吸収量

殺線虫剤の部分殺菌効果は作物の生育のみからは知られ得ないので，この関係を更に追求する意味で各処理区の収穫物について，3要素成分の濃度と一鉢当りの吸収量の測定をおこなった。測定の結果は第2表の通りである。

この表によると作物の生育が無処理区と同じであるネマヒューム不健全土を除くと，肥料成分の濃度，養分吸収量共に処理区の方が大である（但し，薬害の著るしかつたネマホープは除いてある）。クロールピクリン等に部分殺菌効果あることを示すごとくであるが，線虫の寄生は肥料成分の吸収にも著るしい害を与えるという。この成績もまた，この種の効果のきめ手にはなり得なかつた。

3. 窒素の形態変化の追跡

以上のごとく植木鉢試験にては，殺線虫剤の部分殺菌効果を定め得ないので，これを土壌中の窒素の形態変化の立場から追求するため各種農薬の処理による土壌中のNH₃-N，およびNO₃-Nの変化の追跡を行なった。この実験では農薬全体の部分殺菌効果を知るため殺線虫剤以外の農薬も供試した。用いた農薬を第3表に示す。供試土壌は上記植木鉢試験に用いた健全土である。

1) 処理方法

直径 8.5 cm，高さ 5.5 cm，フタ付シャーレに供試土壌 100 g 入れ，各種農薬は第3表に示す使用量にしたがって処理した。液剤はピペットを用いて添加し，燻蒸剤を除き良く攪拌，薬剤が土壌中均一になる様にした。各種農薬の硝酸化成作用におよぼす影響を見るため生土 100 g につき硫酸の水溶液で N-40 mg の添加を行なった。各シャーレは最大容水量の 50% 水分量に保ち，30°C 定温器中で incubate し，1週間ごとに試料を採取分析に供した。蒸散による水分の減量は上皿天秤を用い1日おき正確に補った。

2) 分析方法

均一に攪拌した各シャーレの土壌 1,000 g を化学天秤で容量 20 ml の振盪管に秤取，toluol 1 滴を滴下，微生物の活動を抑制しておく。次に N-KCl 10 ml を添加，ゴム栓をして正確に1時間回転振盪器で振盪，1夜放置後上澄液につき Conway の微量拡散分析法^{14)~16)} に準じ，次のごとくして NH₃-N，NO₃-N を定量した。

なお，上記方法については文献その他，分析者により操作上差異の認められたため，筆者の行った方法を述べておく。

a. NH₃-N

良く乾燥したユニット（柴田製，径 7.5 cm）外室に，

第3表 供試農薬及び使用量

種類	農薬名	成分(含量)	土壌 100g 当り添加量	添加液の濃度
殺菌剤	水銀ボルドー	塩基性硫酸銅, 硫酸銅 21.5% (Cu-10%) 酢酸フェニール水銀 0.67% (Hg-0.4%) 硫酸カルシウム 77.93%	1 ml	400倍
〃	ドイツボルドー	塩基性塩化銅 73.5% (Cu-44%) 鋳物質微粉末 26.5%	1 〃	300
〃	ダイセン水和剤	ditiocarbamate 65.0% 鋳物質微粉末 35.0%	0.13 〃	500
〃	キャプタン 水和剤	N-(Trichloromethylthio) tetrahydrophthalimide 50.0% 鋳物質微粉末 50.0%	0.3 〃	400
〃	スズ水和剤	酢酸トリフェニール錫 20.0% 鋳物質微粉, 界面活性剤 90.0%	0.2 〃	1000
土壌殺菌剤	ソイルシン乳剤	メチル沃性水銀 2.0% エチル磷酸水銀 1.0% 溶剤, 乳化剤, 色素 97.0%	0.2 〃	1500
〃	コブトール粉剤	pentachloronitrobenzene 20.0% 鋳物質微粉末 80.0%	21 mg	
殺虫剤	B H C 粉剤	γ-BHC 3.0% γ-BHC 以外の BHC 及び鋳物質微粉末 97.0%	4 〃	
〃	マラソン	malathion 50%	0.1 ml	1000
〃	アルドリノ乳剤	hexachlorotetracyclododecadiene 95.0% その他(不純物) 5.0%	0.1 〃	1000
〃	エンドリン乳剤	1, 2, 3, 4, 10, 10-Hexachloro-6, 7-epoxy-1, 4-4a, 5, 6, 7, 8, 8a-octahydro-1, 4, 5, 8-endo, endo-dimethanonaphthalene 85.0% 以上	0.1 〃	1000
除草剤	PCP 水溶液	Pentachlorophenol Na 86.0%	0.3 〃	
燻蒸剤	D — D	1, 2-dichloropropane 50.0% 1, 3-dichloropropene 50.0%	0.1 〃	
〃	クロール ピクリン	chloropicrine 99.0% 水 1.0%	0.13 〃	
〃	ネマヒューム30	ethylenedibromide 30.0%	0.1 〃	
〃	ネマホープ乳剤	1, 2-dibromo-3-chloropropane	0.2 〃	
〃	スミデー	cis 1, 3-dichloropropene } 67.4% trans 1, 3-dichloropropene } 1, 2-dichloropropane 17.0% その他 15.0%	0.2 〃	
	トルオール	toluol	0.5 〃	

備考：農薬の使用量は各農薬製造元指示に基いたもので、土壌燻蒸剤除草剤以外はほぼ蔬菜の慣行使用量に準じたものである。

一夜放置した上澄液より先の細い 1 ml のメスピペットを用い、1 ml (N-100 γ ~10 γ) を正確に秤取る。この時液が混濁するため、振盪管へのスピペットの出し入れは静かに行う。スピペットの先端は壁で良くぬぐいユニット外室に注入する際もスピペットの先端を一点につけ、引きぬく場合も乱さず細心の注意をはらう。次に液が内室

に入らぬ様を手で 2~3 回静かにユニットをまわし、検液を外室底面に一様に広げておく。指でユニットの密着部にアラビヤゴム膠着剤を塗りつけ、5 ml のメスピペットにて 1 ml の吸収剤を内室に添加、静かにまわし内室底面一様に広げフタをする。この時外室にアルカリ剤の添加出来る程度の隙間を作っておく。次に 5 ml のメ

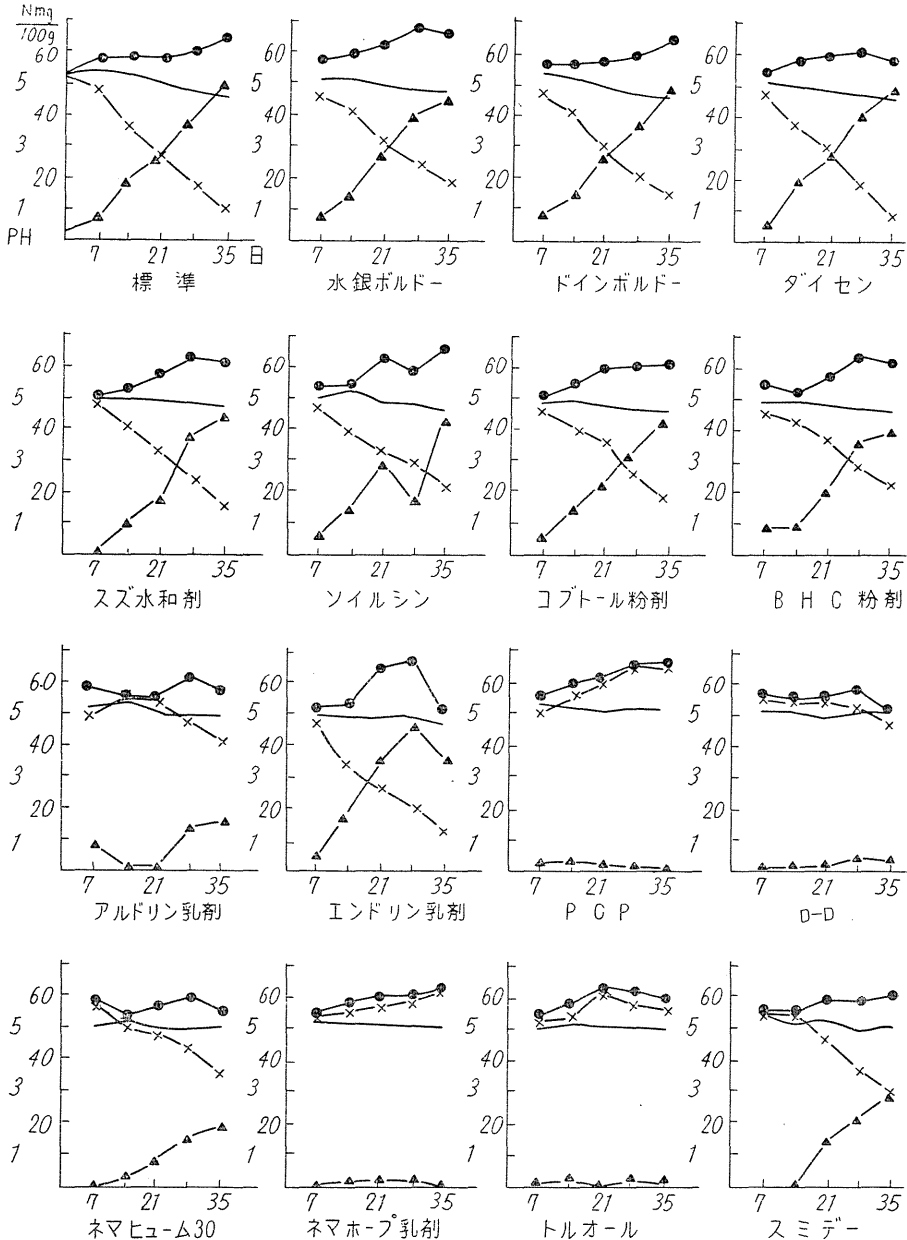
スピペットを用い、1 ml のアルカリ混合剤を添加、すみやかに密封する。密封されたかどうか再度確認した後、内室に外室液の入れぬごとく注意しながら手で 2~3 回静かにまわし、外室液を良く混合する。しかる後ユニットを 25°C 定温器に入れ正確に 1 時間蒸留する。定温器中への出し入れもユニットの内外室液を見ながら、混液せぬ様注意した。蒸留終了後、ユニットのフタをとり、

緑色の内室液を直接静かに振りながら 0.005N-H₂SO₄ 標準液で滴定、桃色の消えなくなった点を E.P. として止める。滴定に要した標準液の消費量をもって NH₃-N とした。

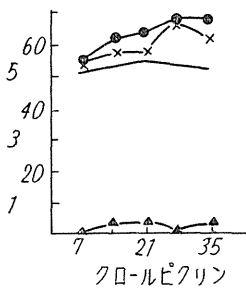
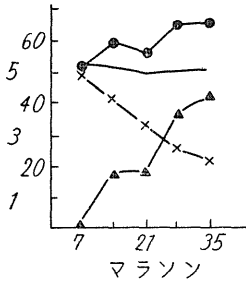
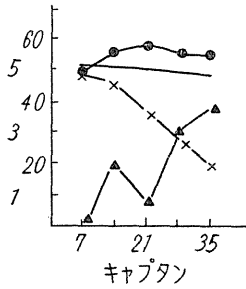
b. NO₃-N+NH₃-N

乾燥した清潔なるユニットの外室にデバルダ合金（純正化学製、特級）約 0.03 g をスプーンで外室中に入れ、

第 1 図 各種農薬による土壌窒素の形態変化



(第1図 つづき)



● NH₃-N + NO₃-N
 △ NO₃-N
 x NH₃-N
 — pH

ユニットを静かにまわし粉末が底面に均一なる様広げておく。この時、内室に粉末の入れぬ様注意した。

以下の操作は上記 NH₃-N の場合と同様である。

c. NO₃-N

上記の如くして得られた (NO₃-N + NH₃-N) と NH₃-N の差をもって NO₃-N を得る。

なお、上記の方法で特に注意した点、次の通りあげておく。

1. 上記方法において blank は少くとも各々2つ以上をとるようにした。
2. この操作を行なうにつきアンモニアガス等充滿していないように実験室内の換気を良くしておく。
3. デバルダ合金を用いた場合、ユニット底面に金属がこびり付くことがあったので、この場合は極く少

量の HNO₃ を滴下、タワシで良くこすり、水道水で洗滌した。

4. 試薬の調査その他には再蒸留水を用いた。

試薬^{14), 15)} 参照。

d. pH の測定は硝子電極法によった。

3) 実験結果

実験の結果は第1図の通りである。まず可給能 N の消長を見ると NH₃-N と NO₃-N の合計は、水銀ボルドー、BHC 粉剤、エンドリン乳剤、PCP、クロールピクリン、ソイルシン、は明らかに標準区に較べて増加しているが、これに対してダイセン、キャプタン、アルドリン乳剤、D-D、ネマヒューム、ネマホープ、スミデー、コブトールは明らかにその減少が認められる。

部分殺菌効果を NH₃-N と NO₃-N の合計で示す限りでは、各農薬にはその種類によって部分殺菌効果が+のものとのものがあることを見る。

NH₃-N の消長について見ると、PCP、クロールピクリン、ネマホープ処理は明らかに標準区の場合に較べて土壤中の NH₃-N を増加せしめる。これに対して、アルドリン乳剤、D-D、ネマヒューム、スミデー処理は NH₃-N をわずかに減少せしめるが、水銀ボルドー、ドイツボルドー、ダイセン、キャプタン、スズ水和剤、BHC 粉剤、マラソン、エンドリン乳剤、ソイルシン、コブトール粉剤処理は著しく減少せしめる。PCP、クロールピクリン等が明らかに土壤中の NH₃-N を増加せしめるのは上記第1表に見るクロールピクリンの収量増加、第2表に見る養分収収増加と深い関係があることを示す。

次に NO₃-N の消長である。各種の農薬は土壤中ではある程度の硝酸化成作用の抑制を行なうことは一般に認められていることであるが^{1), 2), 7), 8)}、第1図の成績によると供試各農薬はこの効果が皆無のものから、極めて著しいものに分けることが出来る。この実験の範囲では、この効果の皆無のものは、水銀ボルドー、ドイツボルドー、ダイセン、スズ水和剤、マラソン、エンドリン乳剤、等があり、ある程度の抑制作用があるものにキャプタン、BHC 粉剤、アルドリン乳剤、ネマヒューム、スミデー、ソイルシン等がある。PCP、D-D、クロールピクリン、ネマホープ等はこの効果が著しく、全 incubate 期間を通じて硝酸の存在は極めて微量であった。前記植木鉢試験に供試した各殺線虫剤は、いずれも硝化作用の抑制力が顕著であり、更に殺虫効果または部分殺菌効果が著しいクロールピクリン、と D-D にこの作用が著しいことが認められる。NO₃-N で特に指摘しておくべき点はスミデー、BHC は2週間までは NO₃-N の生成

がなく、その後になって生成が進んだこと、およびキャプタン、アルドリル乳剤、ソイルシンはある期間後急に $\text{NO}_3\text{-N}$ の増加が停止している点である。各種農薬の硝化作用におよぼす影響については、蟻川¹⁾、岡田²⁾、鈴木³⁾、¹¹⁾等の報告がある。以上の結果はほぼ氏等の成績と一致している。

なお、第1図に見るごとく、硝酸化成作用の著しい区は、明らかに土壌のpHを低下している。

4. 考 察

第1図に示す実験の結果によって植木鉢試験においてその部分殺菌効果が問題となったクロールピクリンは明らかに土壌の可給態Nを増加せしめ、かつその硝酸化成作用の抑制効果が著しいことを見る。硝酸化成作用の抑制が何らかの理由で、小松菜の生育と養分吸収に寄与したことも考えられるが、硝酸化成作用の抑制もまた、部分殺菌効果の一部に入れると考えると、以上の諸実験はクロールピクリンには一般にいう部分殺菌効果があるとして良いであろう。第1表の成績と第1図の成績とを対比すると、D-Dは可給態Nが無処理区に較べて減少するにもかかわらず、小松菜の生育が著しく良好であることが目立つ。この点は理解に困難な点であるが、この実験に限る範囲ではD-Dはクロールピクリンに較べて殺虫効果が高いと考えるべきであろう。

ところで第1図に見る実験を行なったのは、表記の研究を行なう手始めとして各種農薬の土壌処理の影響を経済的なものとして知るためのものであった。よってその一つの方法として供試各種農薬が土壌中におけるNの形態変化におよぼす影響によって一定の類型に分けて見た。得られた類型は次の7つの型と2つの亜型である。

I型 硝酸化成作用を強く抑えつつ全可給態Nを増加させるもの。

クロールピクリン、PCP、ネマホープ

II型 硝酸化成作用を強く抑えるが全可給態Nにはあまり関係ないもの。

トルオール、アルドリル乳剤

III型 硝酸化作用を弱く抑えつつ、全可給態Nの変化にはあまり関係ないもの。

キャプタン、スミデー

IV型 硝酸化成作用を弱く抑えつつ全可給態Nを減少させるもの。

D-D、ネマヒューム

V型 初めは硝酸化成作用を抑えず可給態Nが増大するが、処理後5週間にて硝酸化成作用を抑えつつ可給態Nも減少するもの。

エンドリン乳剤

VI型 硝酸化成作用はあまり抑えず、かつ可給態Nが増大するもの。

水銀ボルドー、スズ水和剤、マラソン、BHC粉剤、ソイルシン

VII型 硝酸化成作用はあまり抑えず、かつ可給態Nは変らないもの。

ドイツボルドー、ダイセン、コプトール粉剤

これらの類型をとったのは上記第1図に示す実験によれば、農薬処理と部分殺菌効果との関係で最も注意すべき点は、可給態Nの消長と硝酸化成作用の2つであると見られるからである。農薬の土壌成分の変化に対する影響による区分の際は、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の生成の状態も考慮すべきであるとする立場もあろうが、部分殺菌の効果はN成分について見る限りでは、作物の生育可能なNの総量が問題とされねばならないと考えられる。可給態Nと各種農薬の特異性を顕著に示す硝酸化成作用の状態によるのは一応妥当なやり方であるというべきであろう。これらの類型の設定に用いられた第1図の成績は農薬処理後35日までのものであり、供試した農薬の種類も少ない。鈴木³⁾、¹¹⁾らの報告によれば、硝酸化成作用を促進する農薬もあるごとくである。更にまた、農薬の影響はその施用量によっても異なる¹¹⁾。上記7つの類型は暫定的でしかも実用的なものであることをことわっておく。

最近の農薬の発達には著しいものがある。これらの農薬のもつ部分殺菌効果の一つ一つ記憶し、農薬処理の結果についての判断の資料とすることは容易なことではないであろう。更に各農薬をこの部分殺菌効果の観点からいくつかの類型にあてはめることは、土壌処理農薬の効果を経済的に理解する上に有用であるということが出来る。上記のごとくして分類された各類型の農薬の機能はすべてそのための官能器の働きの結果であるといえる。各類型はそれぞれ異った官能器をもつ筈である。そしてこの官能器の働きを詳しく知るためには、その対象であるところの土壌中の易分解性成分の状態を明らかにする必要がある。各種農薬をその部分殺菌効果によって一定の類型に整理することは、これらの研究を進めて行くための手がかりを得る上でも有用であると考えている。

5. 要 約

土壌に投入される農薬の部分殺菌効果の内容の一部分を知るために線虫の被害が訴えられる土壌と、そうでない土壌を用い、5種の農薬を用いて作物栽培試験を行なうと共に18種の農薬を用いて、その投入にたる可給態Nの変化を追求した。得られた結果は次の通りであ

る。

1. 農薬の処理による土壌中の有効態 N の状態の変化は農薬の種類によって大きく異なる。
2. 殺線虫剤による土壌線虫殺菌効果は線虫そのものの駆除効果と、それによる部分殺菌効果の2つに分けて考慮する必要がある。
3. 供試した農薬はその土壌 N 形態変化の立場からはほぼ7つの類型と2つの亜型に分けられる。この立場からする類型の設定は土壌投入農薬の効果の研究を進る上に有用な示唆を与える。
4. $\text{NH}_3\text{-N}$ および $\text{NO}_3\text{-N}$ の定量法、CONWAY法において、 NH_3 蒸留剤に強アルカリを用いた。このやり方は蒸留期間を短縮する上で有用である。

最後に本実験を行なうにあたり、終始御懇切なる御指導御援助をいただきかつ本稿の御校閲を賜った本学部室島錡一郎教授に対し、また、本実験遂行上御指導いただいた本学部助教授、永井恭三、大内実の両氏、並びに供試農薬の便を賜った北興化学工業KK、同中央研究所、谷田部浩氏の方々へ厚く謝意を表す。

文 献

- 1) 蟻川：土肥誌，支部会要旨集 9, 17 (1963)
- 2) 岡田ら：農及び園 36, 1657 (1961)
- 3) 麻生ら：土肥誌 34, 164 (1963)
- 4) 能勢ら：同上 34, 243 (1963)
- 5) Russell, E. W.: Soil conditions and plant growth 207, 211. (New Impression 1958)
- 6) Waksman, S. A.: Soil Microbiology, 297, 299 (1961)
- 7) 東大農土肥教室土肥研懇談会：土肥研究通信 32, (1961)
- 8) 鈴木：土肥誌 32, 163 (1960)
- 9) Ishizawa and Matsuguchi: Soil and plant food 6, 145, 156 (1961)
- 10) 谷田沢：土肥誌 33, 424 (1962)
- 11) 鈴木：植物防疫 17, 4 (1963)
- 12) 鈴木：昆虫実験法, 494.
- 13) 永井：茨大農学術報告 2, 31 (1954)
- 14) 関東理化学器製作所：改良型 Conway 微量拡散分析装置 (1959)
- 15) Conway, E. J.: Micro-diffusion analysis and Volumetric Enor, revised ed, Crosby Lockwood & Son Ltd, London (1950)
- 石坂音次訳：微量拡散分析及び誤差論，南江堂 (1952)
- 16) 日本分析化学会編：分析化学便覧 595.

Summary

To make clear the parts of the mechanisms of partial sterilization effects of the dressing of certain pesticides, the crop examination using the unglazed pot and the estimation of the amounts of inorganic nitrogen developed in the incubation period were carried out. One of the soils used in the examination is the sound soil which has no appeal on the nematoda contamination, and the other is the contaminated One. Five kinds of pesticides were used in the pot examination, and 18 kinds were used in the incubation.

The results obtained are as follows.

- 1) The amounts of the developed inorganic nitrogen vary significantly with the kinds of pesticide used.
- 2) The effects of pesticide dressing at plant cultivation are to be analysed in two ways. One may be to see them from the view point of their proper object (insecticide effects etc.), and the other is from the view point of their partial sterilization effects.
- 3) Pesticides used in the research are classified provisionally into 7 groups and 2 subgroups according to the characteristics of their partial sterilization effects. Differentiating characteristics adapted in the classification are the patterns of the hindrance of the nitrification and those of the accumulation of total inorganic nitrogen.
- 4) The modification is made on the procedure in Conway's $\text{NO}_3\text{-N}$ estimation method. The modified point is the usage of strong alkaline solution at the distillation of ammonia derived from $\text{NO}_3\text{-N}$ in the soils. The modified method is very useful in shortening the time.