

The Fundamental Research to the Application of Systemic Insecticides. (I). The Absorption, Translocation and Penetration of ^{32}P -Vamidothion in Rice Plant. Takeo ISHIGURO (Aburahi Laboratories, Shionogi & Co. Shiga-Prefecture) and Tetsuo SAITO (Laboratory of Applied Entomology and Nematology, Faculty of Agriculture, Nagoya University, Nagoya) Received November 25, 1969. *Botyu-Kagaku* 35, 1, 1970.

1. 浸透殺虫剤の施用法に関する基礎的研究 (I). 水稻における ^{32}P -バミドチオンの吸収、移行および持続性について。石黒丈雄 (塩野義製薬株式会社 油日ラボラトリーズ) 斎藤哲夫 (名古屋大学農学部害虫学教室) 44. 11. 25 受理

水稻における ^{32}P -バミドチオンの吸収、移行および持続性について検討した。水稻種子処理による浸透性を粉衣剤、乳剤および液剤による種子処理について比較した。乳剤による種子処理は他の処理によるものとくらべて薬剤浸透量は最も多く、液剤および粉衣剤の順に少なくなった。そして、種子処理による種子の発芽に対する影響は乳剤によるものが最も強く、発芽率は最も低かった。粉衣剤処理による発芽は良好であった。

また、種子処理および乳剤の葉面散布による薬剤の持続性を調べた結果は種子処理では処理後 14～28日にかけて植物体内薬量が増加した。これは処理した薬剤が種子の発芽と共に根から徐々に吸収されるためであると推察できる。これに対して、葉面散布した場合は分解により有効成分濃度は減少の一途をたどる。ツマグロヨコバイに対する殺虫効果もトレーサー実験の結果と良く一致した。

1944年, Schrader が有機燐殺虫剤の浸透性を発見して以来、各種の浸透殺虫剤が実用化され、害虫防除に貢献している。浸透殺虫剤が植物体内に浸透移行し、殺虫力を発揮するためにはその施用方法、植物の種類やその生育状態のみならず、温度、湿度、光線等の外的要因も関係すると考えられる。

Metcalf and March 1952⁹⁾ は殺虫剤の植物体内への浸透作用は薬剤の(1)植物体への浸透力、(2)植物汁液への溶解性、(3)植物体における安定性などの性質が関与すると述べている。浸透殺虫剤の施用方法としては葉面散布、樹幹注入、土壌処理、種子処理など種々の方法があるが、この内、種子処理法は播種時に種子に薬剤を処理することにより、その浸透性を利用して、省力的に幼植物の害虫防除を行なうことができる。

Ripper ら (1950)¹⁰⁾, Ivy ら (1950)⁹⁾, Reynolds ら (1953)¹¹⁾, 野村ら (1960)¹²⁾ は種子処理した場合、浸透殺虫剤が殺虫作用を発揮するに十分な量が種子中に浸透することを述べており、Metcalf ら (1957)¹⁰⁾ は種々の処理方法の効果を比較し、種子処理は極めて長期間にわたって防除効果を発揮できると述べ、また、石黒 (1964)⁹⁾ は粉衣剤の種子処理、粒剤の苗床表面処理および乳剤の葉面散布を行ない、ツマグロヨコバイに対して phorate および vamidothion の粉衣剤が最も殺虫力が高く、長期間有効であると述べている。

本報告は ^{32}P 標識 vamidothion, *O,O*-dimethyl-S-(*N*-methyl carbomoyl ethyl thioethyl) phosph-

orothioate を用いて水稻における種子処理と葉面散布との浸透性や持続性について比較検討した結果である。

なお、実験遂行にあたり、種々の有益な御助言、御援助を頂いた名古屋大学農学部弥富喜三教授に深甚の謝意を表し、また、標識化合物を御提供された Rhone Poulenc 社および報告を快くお許し願えた塩野義製薬株式会社峰下鎮雄博士ならびに平田保博士に御礼を申し述べる。

実験材料および方法

I. Vamidothion 粉衣剤、乳剤および液剤の水稻種子処理による種子への浸透

実験に用いた ^{32}P 標識 vamidothion はフランスの Rhone Poulenc 社により合成されたもので実験当初の比放射能は実験に使用した薄窓ガスフローカウンターで $1\mu\text{g}$ あたり 20c.p.m であった。供試した粉衣剤は ^{32}P -vamidothion を適当量のベンゼンに溶解させ、粉末活性炭を加え、充分攪拌後、減圧下でベンゼンを除去し、44%粉衣剤とした。乳剤は ^{32}P -vamidothion: ベンゼン. polyoxyethylene nonyl phenyl ester を 1:2:1(W/W) の割合にて 25% 乳剤とした。液剤は ^{32}P -vamidothion を methyl ethyl ketone に溶解させて 40%液剤とした。

水稻種子 (愛知旭) を水道水に浸漬し、25°C 昼夜連続照明恒温室 (関係湿度60%) に保ち、24時間後、濾紙で種子表面の付着水を除き、風乾収重として 1g

あたり 0.1g の 44% 粉衣剤を種子表面に粉衣した。乳剤および液剤は粉衣剤と有効成分量が同じになるように秤量し、これに種子を投入し、攪拌し、できるだけ均一に種子表面に付着するように処理し、これを 25°C 恒温器に保った。処理後 3, 6, 12, 24 および 48 時間毎に各処理区より 5 粒ずつ取り出し、流水中で種子を水洗し、種子表面の薬剤を除いた。vamidothion は水溶性が高いため、この操作により外部の付着した薬剤はとりのぞけた。この種子を 2ml の蒸留水と共にガラス製共栓ホモゲナイザーにて磨砕し、これに 2ml のクロロホルムを加え、充分しんとした後、2000r.p.m で 5 分間遠心分離し、クロロホルムを分離した。この操作を 3 回繰返し、クロロホルム抽出物（未分解物）、水抽出物（分解物）および沈澱物（組織結合物）に分け、これを試料皿にとり、2% KOH-アルコール液を 2~3 滴加え、赤外線ランプ下で乾燥させ、また、沈澱物は更に電気炉（500°C）で灰化させ、Aloka 薄窓ガスフローカウンターで放射能を測定した。

種子処理による発芽におよぼす影響については、先と同様の方法にて薬剤処理を行ない、処理直後、24 および 48 時間後に各処理区より 20 粒ずつ種子を取出し、充分水洗後、径 9cm のペトリシャーレ中の湿った濾紙（東洋濾紙 No. 2）上に置き、蓋をして、25°C 昼夜連続照明恒温室に保ち、1 週間後にその発芽率を調査した。実験は 3 回反復し、蒸留水を適時補給した。

II. Vamidothion 粉衣剤の種子処理および乳剤の葉面散布による持続性について

一昼夜水浸した水稻種子を先と同様に風乾粗重 1g あたり 0.1g の ^{32}P -vamidothion 44% 粉衣剤を処理し、25°C 恒温室に 24 時間保った。砂壌土約 10kg と

配合肥料約 10g、をポリエチレン製バット（30×25×深さ 10cm）に入れ、良く攪拌し、これに処理種子 300 粒を播種し、軽く覆土後、灌水しガラス室内に保った。

また、先のバットに無処理種子 300 粒を播種し、ガラス室に保った播種後 14 日あるいは 33 日後（2 葉期および 4~5 葉期）の幼苗に有効成分濃度 0.1% の ^{32}P -vamidothion 乳剤の水溶液をバットあたり 20ml をガラス製噴霧器でできるだけ均一に葉面に散布した。一定時間毎に両処理区より水稻種子あるいは幼苗を 3~10 本とり、地上部のみ（種子処理 1 日後は種子のみ）を切りとり、秤量し、先と同様にガラス製ホモゲナイザーで磨砕し、クロロホルムで抽出し、各々の放射能を測定した。また、一定期日に同じ試料をとり、常法による X 線乾板を用いてオートラジオグラフィーを行なった。

また、同じ処理苗を種子処理 35 日後および葉面散布 2 日および 21 日後に各区 3 本の幼苗を高さ 15cm、径 9cm の金網製円筒形殺虫試験用ケージに固定し、ツマグロヨコバイ雌成虫をケージあたり 10 頭放飼し、25°C 恒温室に保ち、24 時間後その死虫数を調査した。実験はすべて 3 回反復を行なった。

実 験 結 果

I. Vamidothion 粉衣剤、乳剤および液剤の水稻種子処理による種子への浸透

^{32}P -vamidothion の種子体内への浸透を知るため、種子表面に付着する薬剤を除き、先に示した抽出操作を行ない、その放射能を測定し、放射能減衰を補正し、vamidothion 相当量として算出した。その結果を第 1 表に示した。

Table 1. Amounts of ^{32}P -vamidothion in rice seeds after seed treatment by different formulation of ^{32}P -vamidothion.

Extract	Treatment	μg per seed after seed treatment					
		0hrs. *	3hrs.	6hrs.	12hrs.	24hrs.	48hrs.
Chloroform extract	Seed dressing	3.8	61.5	108.5	103.6	170.6	171.4
	Emulsifiable concentrate	5.1	133.1	217.6	230.1	260.9	394.3
	Solution	11.2	95.4	125.7	184.1	207.7	338.3
Water extract	Seed dressing	0.4	2.8	6.0	5.5	11.4	18.0
	Emulsifiable concentrate	0.3	1.9	3.7	3.6	4.5	10.8
	Solution	0.4	1.0	1.9	2.1	5.3	9.0
Unextractable	Seed dressing	0.0	1.7	5.4	8.4	16.7	16.5
	Emulsifiable concentrate	0.0	3.6	10.9	12.9	19.5	23.3
	Solution	0.0	2.1	15.5	12.1	21.5	21.9

* 10 minutes after the seed treatment.

Vamidothion の種子処理による種子への浸透は乳剤によるものをもっとも多く、ついで液剤による処理であり、粉衣剤は供試3型態の中で最も低かった。いずれの型態においても処理後3時間で、かなりの葉量が種子内に浸透し、それ以後の浸透は徐々である。分解物および組織結合物は少なく、種子体内における vamidothion の分解はいずれの剤型でも少ないと思われる。次に種子への vamidothion の浸透量と種子の発芽率との関係を知るため、一定時間処理した場合の発芽状態を調査した。その結果を第2表に示した。

Table 2. Percentage germination after seed treatment by different formulation of ^{32}P -vamidothion.

Treatment	Average percent of germination after 7 days		
	1hrs. treatment	24hrs. treatment	48hrs. treatment
Seed dressing	98.3%	96.7%	90.0%
Emulsifiable concentrate	96.7	61.7	1.7
Solution	100.0	91.7	65.0
Control	100.0	—	—

1時間の処理はいずれも発芽は良好であったが、24時間の処理においては乳剤による処理の発芽率が低下し、48時間ではその発芽はほとんど認められず、また、液剤による処理も発芽が低下した。粉衣剤は発芽にお

よばず影響はほとんど認められなかった。

II. Vamidothion 粉衣剤の種子処理および乳剤の葉面散布による持続性

^{32}P -vamidothion 44%粉衣剤による種子処理および25%乳剤の葉面散布を行ない、水稻苗の地上部を先に示したとおり、各成分を抽出しその放射能を測定し、生育中の水稻における vamidothion の持続性を調べた。その結果は第3表に示した。

葉面散布による水稻地上部の vamidothion の存在量は極めて少ない。種子処理1日後において種子体内に浸透する葉量は多く、発芽前および発芽後数日は水稻体内に含まれる葉量は少ない。更に、生育が進むにつれて次第に増加し、処理後28日において体内葉量は最高となり、その後は次第に減少していく。

また、同じ処理水稻苗を用いて、ツマグロヨコバイ雌成虫に対する殺虫効力を調べたその結果を第4表に示した。

種子処理35日後の水稻がツマグロヨコバイを完全に殺虫できるのに対して、葉面散布21日後では50%の殺虫力しか示さず、かなりの効力減退を示した。しかし散布2日後では充分な殺虫力を示している。

また、ラジオオートグラフィーにより ^{32}P -vamidothion の水稻における浸透および移行を調べ、その結果を第1図に示した。

種子処理において、処理7日目の幼苗では地上部への移行は弱く、種子に多量の放射性物質が残存してお

Table 3. Amounts of vamidothion recovered in rice plants after seed treatment and foliar spray of ^{32}P -vamidothion.

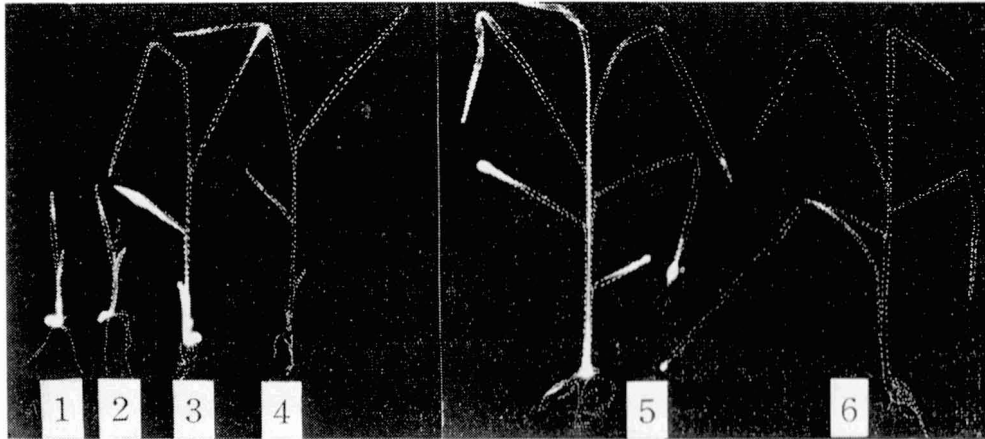
Treatment	Extract	Days after treatment					
		1days	7days	14days	21days	28days	35days
Seed dressing	Chloroform extract	80.5*	4.2	22.7	29.0	81.9	16.6
	Water extract	2199.0**	200.4	290.1	85.7	143.2	27.2
Foliar spray at 14days after planting	Water extract	4.9*	4.3	36.3	70.3	88.2	138.7
		115.2**	209.5	472.5	215.1	156.3	232.7
	Chloroform extract	10.6*	4.3	3.3	1.3		
		108.8**	13.9	5.5	1.2		
	Water extract	0.8*	11.8	9.2	11.6		
		8.8**	38.4	14.1	11.5		
		Days after treatment					
		2days					
Foliar spray at 33days after planting	Chloroform extract	24.2*					
		28.9**					
	Water extract	51.4*					
		54.0**					

* μg per seedling

** ppm

Table 4. Effects of seed treatment and foliar spray of vamidothion against female adults of the green rice leaf-hopper (*Nephotettix cincticeps* Uhler).

Treatments	Mortality after 24 hours			Average
	I	II	III	
35 days after treatment by seed powder	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
21 days after foliar spray	40.0	80.0	30.0	50.0
2 days after foliar spray	100.0	100.0	100.0	100.0
Control	0.0	0.0	10.0	3.3

Fig. 1. Radioautograms of rice plants treated with seed dressing and foliar spray of ^{32}P -vamidothion.

No. 1 and No. 2— 7 days old seedling treated with seed dressing.

No. 3 —14 days old seedling treated with seed dressing.

No. 4 — 3 hours after foliar spray.

No. 5 —21 days old seedling treated with seed dressing.

No. 6 —21 days after foliar spray.

The white dotted lines indicate shape of rice plants treated, and the white portion shows radioactive substances distributed.

り14日後においても大部分のものが種子に残っているが、次第に、種子より地上部への移行が認められ、葉の先端部や葉鞘の下部に集積している。21日後になる移行が激しくなり、葉先端部および葉鞘全域に均一に分布していた。また、地下部への移行も認められた。これに対して、葉面散布では、散布当日においても、放射性物質は極めて少なく、散布21日後では、ほとんど認められなかった。

考 察

浸透殺虫剤を種子に処理して、播種時および生育初期の植物を加害する害虫類を防除するのに十分な効果をあげることは多くの研究者により報告されている。

Bardner (1960)¹⁾は種子処理による殺虫力の持続性とその薬害は 1. 種子表面に付着する薬量, 2. 薬剤

の分解の程度, 3. 有効成分の遊離の程度, などによりその差異が生ずると述べている。Ivy (1952)²⁾は種子粉衣の増量剤として、活性炭素は極めて優秀であり、これを用いると薬害は生じにくいと述べている。

本報告は ^{32}P を標識した vamidothion を用いて、活性炭素による粉衣剤と乳剤および液剤を作成し、各々の剤型により種子処理を行ない、水稻における浸透移行について調べた。Fukuto ら (1955)³⁾はワタやアルファルファなどの種子を粉衣剤、乳剤その他の剤型で処理した結果、薬剤含有量はその種子重量と種子の表面積に関係し、乳剤は他の剤型よりも急速に種子内に吸収されると述べている。本実験においても同様のことを観察し、粉衣剤処理は乳剤および液剤にくらべて、種子への浸透量は少なく、粉衣時間48時間でも施用薬量の約2.8%であり、乳剤および液剤の浸透率6.5

%および5.5%にくらべてかなり少ないことがわかった。各剤型共に処理6時間程で水稻種子内に急速に浸透し、6~24時間では徐々にしか増加せず、種子の発芽のはじまる24~48時間において、乳剤および液剤は再び増加する。しかし、乳剤および液剤で種子を処理した場合に第2表に示した通り、著しい発芽不良を示し、処理24時間後において、乳剤は施用薬量の4.4%を吸収したのに対し、その発芽率は61.7%と処理による悪影響を示している。これに対して、粉衣剤は2.8%吸収したのに対して、その発芽率は96.7%と発芽におよぼす影響は認められない。処理48時間後では、乳剤によるものはほとんど発芽せず、液剤は5.5%吸収され、発芽率は65.0%となり、薬剤の浸透率が高くなるにつれて種子発芽への影響も大きくなる傾向を示した。以上のことより、種子の発芽と種子内への薬量浸透率は関係があると考えられる。

野村ら(1960)¹²⁾はアズキ種子を、Dobson(1958)²⁾はワタ種子を用いて、乳剤よりも粉衣剤処理の方が発芽は良好であると述べている。しかし、関谷ら(1955)¹⁰⁾は水稻種子の重量比において、6%の割合に phorate 粉衣剤を処理すると発芽発根しても毛根(吸収根)の発育が遅れ、地上部の伸長が相当遅延すると述べている。また Reynolds ら(1957)¹³⁾、Metcalf and March(1956)⁸⁾は phorate 乳剤の種子処理は粉剤や活性炭素を用いた粉衣剤より早く植物体に吸収されるが発芽不良を生じ、種子内への薬剤の浸透はその薬剤の水溶性と関係があるとしている。しかし、Lindquist ら(1961)⁷⁾は種子の性質と薬剤浸透量との間には関係があるが、水溶性の低い phorate と高い水溶性を有する dimethoate との間に発芽種子の薬剤吸収は変りがないとしている。本実験に用いた vamidothion の水に対する溶解性は大きい(水 100ml あたり 40g 以上可溶)。宮田(1965)¹¹⁾は各種有機磷殺虫剤について水稻幼苗を浸根処理し、水溶性と浸透量について検討し、一般に水溶性の高いものほど浸透量は高く phosphate 化合物は thiophosphate 化合物より 10~30 倍も高い浸透量を有すると述べている。

一般に、粉衣剤の種子処理による薬剤の種子付着量は低いものであり、また、植物体に吸収される薬量も Reynolds ら(1957)¹³⁾、Lindquist ら(1961)⁷⁾が指摘しているように乳剤より低いものと考えられる。

粉衣剤で種子を処理し、苗床に播種した場合、第3表に示した如く、vamidothionの一部はそのまま種子に吸収され、残りの薬剤は播種された周辺土壤に存在し、発芽後、種子表面の付着薬剤や周辺土壤の未浸透薬剤が徐々に吸収され、次第にその薬量が高くなり、播種後28日ごろに最高となり、以後その薬量は徐々に低下してゆく。このことよりも、vamidothionの水稻

種子処理による殺虫力持続性は極めて長いことを示すものである。一方、分解物は処理7日後まではほとんど増加しないが、それ以後、急速に増加する。水稻地上部の有効成分量が低下しはじめた35日後において(27.2ppm) ツマグロヨコバイに対する殺虫力は高く、完全に殺虫せしめた。一方、葉面散布2日後(28.9ppm)は十分な殺虫力を示したが、21日後(1.2ppm)では、約50%の効果しか期待できない。葉面散布は未分解物および分解物量が極めて低いことより、地上部の薬剤付着量が少なく、その結果として、殺虫力持続性も短かいものと考えられる。関谷ら(1959)¹⁰⁾は phorate 粉衣剤の水稻種子処理により発芽した苗は強い殺虫力を有し、ツマグロヨコバイに対して、長期間の殺虫力持続性があり、苗代期間のウイルス病の感染を完全に阻止し、葉面散布よりはるかに秀れていることを報じている。野村ら(1960)¹²⁾は phorate 乳剤への水耕法により寄生するナミハダニに対して、十分な効果を示すためには 50ppm 以上必要であり、種子の大きさにより殺虫力持続性が異なり、種子の小さくて、生長の著しいものは殺虫力の持続性が短かく、マメ類のような種子が大きく、生長も比較的ゆるやかなものは持続性が長い傾向があると述べている。このようなことより推察すれば、水稻種子の粉衣による殺虫力持続性は比較的短かいものと考えられるが、種子表面が滑らかでなく、薬剤が付着しやすいことにより、極めて長期間にわたりツマグロヨコバイを殺虫できるのであろう。これらのことより、浸透殺虫剤の特性を充分利用した種子処理法が葉面散布などに比較して利用価値の高いものと考えられる。

種子処理は植物の種類や種子の表面積、薬剤の付着性、水溶性、処理薬量や土壌中の安定性など薬効および薬害に関与する要因は多く、今後更に研究を進める必要がある。

引用文献

- 1) Bardner, R.: *J. Sci. Food. Agric.*, 11, 736~744 (1960).
- 2) Dobson, R. C.: *J. Econ. Entomol.*, 51, 495~497 (1958).
- 3) Fukuto, T. R., R. L. Metcalf, R. B. March and M. G. Maxon: *J. Econ. Entomol.*, 48, 347~354 (1955).
- 4) 石黒丈雄・斎藤哲夫: 応動昆大会講演要旨 25. (1964).
- 5) Ivy, E. E.: *Agric. Chemicals*, 7, 44~45 (1952).
- 6) Ivy, E. E., W. Iglinsky, Jr., and C. F. Rainwater: *J. Econ. Entomol.*, 43, 620~632 (1950).

- 7) Lindquist, D. A., J. Hacksaylo and T. B. David: *J. Econ. Entomol.*, 54, 379~382 (1961).
- 8) Metcalf, R. L. and R. B. March: *J. Econ. Entomol.*, 45, 988~997 (1952).
- 9) Metcalf, R. L.: Second international plant protection conference, Furnhust. 23 (1956).
- 10) Metcalf, R. L., T. R. Fukuto., and R. B. March: *J. Econ. Entomol.*, 50, 338~345 (1957).
- 11) 宮田 正: 関西病虫害研究会報. 第7号, 40~52 (1965).
- 12) 野村健一・長田 巖・小林宏中: 千葉大学園芸学部学術報告. 第8号. 33~38 (1960).
- 13) Reynolds, H. T., T. R. Fukuto., R. L. Metcalf and R. B. March: *J. Econ. Entomol.*, 50, 527~539 (1957).
- 14) Reynolds, H. T., L. D. Anderson and J. B. Swift: *J. Econ. Entomol.*, 46, 555~560 (1953).
- 15) Ripper, W. E., R. Mreemslade and G. S. Hartley: *Bull. Ent. Res.*, 46, 481~501 (1950).
- 16) 関谷一郎・柳 武・呉羽好三・早河広美・柴本 精・山岸義男: 長野農業試験場研究集報. 第2号 116~126 (1959).

Summary

Absorption, translocation and persistence of vamidothion, *O,O*-dimethyl-*S*-(*N*-methyl carbomoyl ethyl thioethyl) phosphorothioate, in the rice grain and rice plant were studied by using ^{32}P -labeled compound. Formulations of ^{32}P -vamidothion to be tested were: (1) 25% emulsifiable

concentrate, (2) 40% solution in methyl ethyl keton, and (3) 44% in active carbon for seed dressing.

In the absorption tests in rice grains, more rapid penetration of vamidothion was observed when treated with the emulsifiable concentrate than the other two treatments, and the slowest penetration was observed in the seed dressing. Active ingredients recovered in the rice grains after 24 hours were 6.5% in the seeds treated with the emulsifiable concentrate, 5.5% in the seeds treated with the solution, while only 2.8% in the seeds treated with the seed dressing.

The germination of rice seeds was strongly inhibited by treatment with the emulsifiable concentrate, and moderately with the solution, whereas it was almost negligible with the seed dressing.

The persistence of vamidothion in rice plants treated with the seed dressing and the foliage spray was studied. Amount of vamidothion in the plants was increased up to 14~28 days after the treatment with the seed dressing, while residue of it decreased rapidly when applied by foliage spray.

A considerable correlation was found between the persistence of vamidothion and the residual effect of it against the green rice leaf-hopper, *Nephotettix cincticeps* Uhler.

抄 録

Western Corn Rootworm のダイアジノンに対する感受性の日周性

Diurnal Rhythm of Sensitivity to Diazinon in Adult Western Corn Rootworms. H. J. Ball, *J. Econ. Entom.* 62 (5) 1097-98.

Western corn rootworm *Diabrotica virgifera* LeConte に対し、ダイアジノンの一定量を3時間おきに1日局所施用し、薬剤に対する感受性の日周変化を検討した。その結果 LD_{50} には日周性があり、薬剤

に最も感受性の高い時刻は暗期に入り初めの時で、夜間は抵抗力が大きい。夜明に近くなると、抵抗力は次第に弱くなり、午前10時~午後8時は感受性が高く、しかも比較的振れが少ない。したがってネブラスカ州リンカーン地方で Western corn rootworm の薬剤に対する感受性の年次変動を調べるには、殺虫試験の時刻を午前10時~午後8時の間で定めて施行するのがよい。
(石井象二郎)