資料:

ハウス内農薬散布時の散布者の曝露

桑原 祥浩*, 上田 成子*, 吉田 政雄**

ハウス内のキュウリにメタラキシル水和剤を動力散布機により、前進散布あるいは後退散布により1時間にわたり、それぞれ2名ずつの作業者が散布した。この散布時間内のメタラキシルとしての散布量は14~18 gであった。散布にさいして各作業者の防護装備はフード付ナイロン製防除衣を着用するとともに、3M^Rマスク、ゴム手袋、運動靴とした。散布者の作業中の防除衣全身被曝量は、後退散布群(0.25~0.29 mg)に比較し、前進散布群(1.0~10.1 mg)で多いことが確認された。また、散布農薬の軀幹部皮膚への接触は後退散布群では検知できなかったが、前進散布群では僅かではあったが皮膚への接触がみられた。また、各散布者の呼吸域周辺の農薬気中濃度は前進散布群で高かった。さらに、散布速度が速いほど全身被曝量および呼吸域気中濃度が高い傾向がみられた。しかしながら、散布作業終了後、各散布者の「うがい液」中からは散布農薬は検出されず、尿中の代謝産物の排泄も認められなかった。結論的には、本調査条件下では前進あるいは後退散布のいずれの散布者に対するメタラキシルの毒性はほとんど問題とはならないと考えられた。

①ハウス ②農薬散布 ③全身被曝量 ④農薬気中濃度

I. は じ め に

農業は、現在の農業においては生産性の向上等の面において、その使用を否定し難い部分がある。しかし、作業者の健康危害、周辺環境への影響あるいは残留農薬による健康被害をもたらすことがあることから、様々な行政的対応がとられており、また農薬自体も低毒性化の方向にある。

一方、近年の施設園芸の発展は目覚ましいものがあり、栽培面積は昭和40年当時の約10倍に増加している¹⁾。反面、ハウス栽培は高温多湿な閉鎖環境下でなされるものであり病虫害も発生しやすい。そのために、防除作業は露地栽培よりも頻繁に行わねばならず、それによって農作業者の農薬の吸入あるいは経皮曝露の危険性が著しく高くなる²⁾。このことから、ハウス内で作業者が農薬散布作業を実施するに当たっては、より適正な防護装備のもとで適正な散布方法で行わねばならないことはこれまで種々指摘されていることであ

る^{3,4)}。

以上のことから、本稿においてはガラス・ハウス内のキュウリに殺菌剤であるマンゼブ・メタラキシル水和剤を前進あるいは後退散布した時の散布者の曝露状況を知るために、メタラキシル [Methyl=N-(2-Methoxyacetyl)-N-(2,6-Xylyl)-DL-Alanine] に対する被曝量を検討し、散布者の安全性について検討した。

II. 調 査 内 容

1. 調査日時および対象

1989年12月16日の午後2時より3時までの間に散布試験を実施した。対象施設は、千葉県旭市内の施設園芸組合のガラス・ハウス4棟(No.1~4)(各ハウスは同一規格で、それぞれの圃場面積は約3,000 m²)であり、作物はキュウリである。この時期のキュウリは数cm程度に生育していたが、葉はまだ十分には繁茂していない状態であった。

散布中のハウス内の気温、湿度および風速は、それぞれ22.4~24℃、96~100%、0.09~0.1 m/secであった。

2. 散布薬剤

* 女子栄養大学衛生学教室

** 農村生活総合研究センター

(受付: 1992年7月20日)

マンゼブ・メタラキシル水和剤（リドミル MZ[®]水和剤：有効成分メタラキシル10%とマンゼブ55%）の1,000倍希釈液を散布した。

3. 散布者と散布条件

各施設内の作業者は散布歴6～12年の28～35歳の男性である。各散布者の服装条件は野球帽、マスク（3M8710）、ナイロン製上下防除衣（JAFTA）、ゴム手袋および運動靴と同一にした。

散布に際して、散布者間の差を少なくするために、動力散布機に環状ノズルの5頭噴霧口を用い、竿長120 cmとした。動力噴霧機圧は2.3 kg、ノズル圧は23 kgとほぼ一定になるようにした。散布者No.1と2は前進散布を、No.3とNo.4は後退散布を行なった。

Table 1に示したように、散布は各散布者とも1時間で終了させた。その間の散布液量は140～180 ℓであり、散布距離、散布速度には前進・後退散布法に関わらず散布者間に差がみられた。

4. 農薬曝露量の測定

防除衣への農薬付着量の測定のために、頭部、胸部、左・右背部、左・右上腕部、左・右膝上部に直径6 cmの円形紙（東洋ろ紙 AN 600）を散布前に装着した。また、皮膚への付着量の測定のために、頭部を除く防除衣付着量測定箇所に対応する下着上に円形紙を装着した。各ろ紙は、マスクとともに散布作業終了後、個々にポリエチレン製袋に回収し、冷蔵保存し実験室にもちかえり、分析までの期間、冷凍保存した。

活性化したクロマトグラフ用シリカゲル（ワコーゲル C-100）を5 g充填し、その両端をポリウレタンフォームにより支持したサンプリング用カラム管（1.5×6.0 cm：吸入口径0.4 cm）を散布者の上胸部

にとりつけ、ミニポンプ（柴田科学 MP-50 NC）により毎分3 ℓの速度で口元付近呼吸域の空気を吸引した。吸引・捕集後、カラム管両端に栓をし、ろ紙と同様に保存した。

5. 農薬分析

上述したようにして採取した各試料の農薬分析は、本調査に使用した農薬の有効成分のうちメタラキシルを対象に行なった。各試料からメタラキシルは残留農薬分析法⁵⁾に準じてアセトン抽出し、クリーンアップ後、アセトンにて最終液量を5 mlとして、これを分析用試料とした。

メタラキシルの分析用試料5 μlをガスクロマトグラフに注入して分析した。この時の分析条件は以下の通りであった。

機種：島津 GC-14 A

検出器：FTD

カラム：5 %AP iezion L/Chromosorb W
(100～120 mesh)

2.6 mm×1.1 m, ガラスカラム

温度：カラム槽200℃, 注入口250℃,

検出器300℃

キャリアーガス：He 0.5 kg/cm²

2次ガス：H₂ 0.6 kg/cm²,

空気0.5 kg/cm²

この分析法によるメタラキシルの保持時間は5.3分であり、その最少検出量は0.3 ngであり、各分析用試料の検出限界は0.3 μgであった。また、添加回収試験での各試料からのメタラキシル回収率は83～95%の間であった。

Table 1 Characteristics and Conditions of Each Sprayman in Greenhouse

Sprayman	No 1	No 2	No 3	No 4
Characteristics				
Sex	male	male	male	male
Age (years)	28	30	30	35
Height (cm)	178	165	173	170
Weight (kg)	67	63	60	75
Estimated body area (cm ²)	17,839	16,507	16,668	18,191
Spraying				
Application technology	forward movement	forward movement	backward movement	backward movement
Application time (min)	60	60	60	60
Volume of spray solution (ℓ)	160	180	140	170
Application speed (m/min)	12.4	33.4	23.0	18.0
Application area (m ²)	1,020	2,040	1,870	1,700

III. 調査成績および考察

種々農薬の散布時の作業者の被曝実態を把握することは、作業者の安全性を確保するための爾後の資料として重要な意義をもつものである。本調査においては、キュウリ栽培ハウス内で殺菌剤であるメタラキシル水和剤を前進あるいは後退散布した時の散布者の被曝実態を調査した。

1時間のハウス内散布作業後の作業者の防除衣内外に付けたろ紙およびマスクのメタラキシル付着量を分析した結果をTable 2に示した。マスク付着量は、前進散布群のNo. 2で最も多く、次いでNo. 1であった。後退散布のNo. 4と3の付着量は前進散布群に比して明らかに少なかった。また、これらの付着量は前進散布群と後退散布群ともに散布速度の速い程多い傾向がみられた。同様に、防除衣表面のろ紙への付着量も後退散

Table 2 Analysis Results¹⁾ of Metalaxyl Recovery from Respirator²⁾ and Pads³⁾ fixed over the Clothing and on the Skin of Sprayman

Spraying technology	Forward movement		Backward movement	
	1	2	3	4
No of sprayman	1	2	3	4
Respirator	1.14	20.40	0.98	0.58
Clothing :				
head	1.08	43.94	0.42	0.40
Chest	3.66	4.12	T ⁴⁾	T
Right back	0.50	4.32	0.12	T
Left back	0.14	3.50	T	1.58
Right arm	0.16	8.44	1.54	T
Left arm	6.66	68.40	1.94	1.16
Right leg	0.14	7.18	T	T
Left leg	0.74	19.44	0.18	0.90
Skin :				
Chest	T	T	T	T
Right back	T	0.10	T	T
Left back	T	0.28	T	T
Right arm	T	T	T	T
Left arm	T	0.14	T	T
Right leg	T	0.14	T	T
Left leg	T	T	T	T

1) μg of metalaxyl adhered per respirator or pad.

2) 3M^R 8710 -mask

3) Filter pad (NA-600, .Toyo Roshi Kaisha, Ltd), 6 m/m Φ , made from cellulose.

4) T: less than detection limit.

布群に比して前進散布群で多く、特に散布速度の速かったNo. 2は各部位の付着量は他の散布者より顕著に多かった。また、防除衣内部の下着に付けたろ紙（皮膚付着量と仮定する）への付着量も、後退散布群と前進散布群のNo. 1ではいずれも検出限界以下であったが、前進散布者No. 2についてはいくつかの部位のろ紙から若干のメタラキシルが検出された。

各散布者の身長と体重から得られた体表面積をもとに、「9の法則」⁶⁾に基づいて身体各区分面積 (cm^2) を算出し、これにろ紙への付着量 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) を乗じて、各身体区分への推定農薬曝露量とした。各身体区分の農薬被曝量を前進散布群と後退散布群とに分けて比較したものがFig. 1である。前進散布群では左上腕部→頭部→左上膝部→胸部の順に多く、後退散布群では左上腕部→左上膝部→左背部→右上腕部の順であった。身体各区分の被曝量を合算して指定全身被曝量を計算した結果をTable 3に示した。前進散布群のNo. 1と2は、それぞれメタラキシルとしての散布量16と18 g に対して全身被曝量は約1と10 mg であり、これは散布薬剤量の0.006~0.06%に相当した。また、皮膚への農薬の浸透が認められたNo. 2では、その推定皮膚接触量は59 μg であったが、他は検出限界以下の極めて微量であったと推測される。一方、後退散布群のNo. 3

Fig. 1 Clothing exposure of sprayers in terms of the anatomic parts of the body.

と4の推定全身被曝量は25~0.3 mgであり、散布有効成分の被曝率も0.002%以下と前進散布と比較して1/3~30以下の水準であり、また上述したように両者とも皮膚への浸透は認められなかった。

以上のように、ハウス内においても、著者ら⁷⁾が先に路地野菜へ農薬を散布した時の成績と同様に、後退散布による推定被曝量・率は、前進散布のそれに比べ明らかに低いことが確認された。このことは河合ら⁸⁾もハウス内で散布した時の調査で報告しているところである。

ハウスは露地とは異なり閉鎖環境であるので、農薬散布作業にさいして特に吸入曝露を受けやすい。各散布者の口元付近に装着した農薬吸収カラムへの吸着農薬量から、農薬散布作業中の呼吸域周辺の気中農薬濃度を測定した結果をTable 3に示した。前進散布群および後退散布群とも個人差がみられ、全身被曝量と同様に後退散布群の0.61と0.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に比較して、前進散布者の気中濃度は1.16と2.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高かった。特に前進散布のNo. 2のように散布速度の速い者は呼吸域の気中濃度も高くなると考えられた。

以上のメタラキシルの曝露試験調査結果から、散布者の安全性について検討した。本試験調査に用いたメタラキシルの毒性試験の結果⁹⁾を参照すると、ラットにおける急性経皮LD₅₀は5,000 mg/kg以上とされており、また急性吸入LC₅₀が2,300 mg/m³とされている。本調査で最も曝露量の多かった前進散布のNo. 2について検討すると、防除衣への曝露量10 mgが全て経皮吸収されたとしても、これはラット急性経皮毒性のほぼ1/30,000である。また、吸入毒性面からみると、

呼吸域気中濃度の最も高かったNo. 2の気中濃度は2.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、これはラット急性吸入毒性のほぼ1/1,000,000に相当するものである。以上のことから、実験動物での値を直接的には人間に外挿できないが、経皮および吸入毒性面からは本調査条件ではほとんど問題がないものと思われる。また、「うがい液」からメタラキシルが検出されなかったこと、さらに、散布3日後までのそれぞれ24時間尿からもメタラキシルの生体後曝露を示唆するメタラキシル代謝産物である2,6-dimethylanilineが検出されなかったことなどから、本調査時のような服装条件でハウス内散布を行うならば散布農薬の生体吸収はほとんど起こらないものと思料される。

以上の結果を総括すると、本調査条件下では前進あるいは後退散布のいずれの散布者に対してもメタラキシルの毒性はほとんど問題とはならないと考えられた。しかしながら、ハウス内散布者の安全性を確実なものにするためには、適正な防護装備のもとに後退散布を行うことが必要であろう。さらに散布作業にさいしては本調査でも示したように散布農薬が微量ではあるが皮膚に付着する可能性がある。従って、これらの吸収をできるだけ抑えるため、作業終了後は可能な限り早くうがい、洗顔、手洗いおよび身体の洗浄および着替えを心がける必要がある。

IV. ま と め

ハウス内のキュウリにメタラキシル水和剤（リドミルMZ^R水和剤の1,000倍希釈液）を動力散布機に環状ノズルの5頭噴霧口を用いて、前進散布あるいは後退

Table 3 Degree of Exposure to Metalaxyl of Spraymen during the Application.

Spraying technology	Forward movement		Backward movement	
	1	2	3	4
No of sprayman				
Amount applied as metalaxyl g	16	18	14	17
Estimated clothing exposure ¹⁾ mg	1.01	10.10	0.25	0.29
Exposure ratio ²⁾ %	0.006	0.056	0.002	0.002
Estimated skin exposure ¹⁾ mg	T ⁴⁾	0.06	T	T
Respiratory exposure ³⁾ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.16	2.42	0.61	0.94

1) Exposure was calculated on the basis of the Berkow method.

2) Exposure ratio = (clothing exposure/amount of applied metalaxyl) × 100.

3) Respiratory exposure was measured with a personal sampler. The sampling was done with a silica gel (Wako gel C-100) column placed on the upper chest. The speed of airflow was 3 l/min.

4) T: less than detection limit.

散布により1時間にわたり、それぞれ2名ずつの作業者が散布した。この散布時間内のメタラキシルとしての散布量は14~18 gであった。なお、各散布者はフード付ナイロン製防除衣を着用するとともに、3 M^Rマスク、ゴム手袋、運動靴の装備で作業を実施した。その結果は、以下の通りであった。

1. 散布者の作業中の防除衣全身被曝量は、後退散布群(0.25~0.29 mg)に比較し、前進散布群(1.0~10.1 mg)で多いことが確認された。また、散布農薬の軀幹部皮膚への接触は後退散布群では検知できなかったが、前進散布群では僅かではあったが皮膚への接触が認められた。
2. 各散布者の呼吸域周辺の農薬気中濃度は、前進散布者で高かった。
3. 散布速度が速い者は、全身被曝量および呼吸域気中濃度が高い傾向がみられた。
4. いずれの散布者についても、散布作業終了後の「うがい液」中からは散布農薬は検出されず、尿中への代謝産物の排泄も認められなかった。
5. 本調査条件下では前進あるいは後退散布のいずれの散布者に対してもメタラキシルの毒性はほとんど問題とはならないと考えられた。しかしながら、散布者の安全性をより確実なものにするためには後退散布が

望まれることが再確認された。

本調査を遂行するにあたり、御協力をいただいた千葉県旭市の農家各位、千葉県農林部各位、千葉県海匝農業改良普及所各位に感謝する次第である。

V. 文 献

- 1) 野菜政策研究会編：21世紀の野菜産業。創造書房、東京、1991、155—158。
- 2) 臼谷三郎：ハウス病。日農医誌、40(特)、36—37、1991。
- 3) Adamis Z, et al.: Occupational exposure to organophosphorus insecticides and synthetic pyrethroid, *Int Arch Occup Environ Health*, 56, 299—305, 1985。
- 4) 疋田慶夫、他：施設栽培従事者の農薬暴露について、*農作業研究*、20(3)40—53、1986。
- 5) 後藤真康、他：増補・残留農薬分析法。ソフトサイエンス社、東京、200—201、1987。
- 6) Berkow SG, et al.: Value of surface area proportions in prognosis of cutaneous burns and scalds, *Am J Surg*, 2, 311—317, 1931。
- 7) 上田成子、他：ハクサイ畑におけるフェンバレート・マラチオン製剤散布時の散布者のマラチオンの曝露について。女子栄養大学紀要、21、179—186、1990。
- 8) 河合正計、他：DMTPのハウス内散布における農作業者のばく露について。日本公衛誌、30、358—367、1983。
- 9) 宮澤長次郎、他編：農業データブック。ソフトサイエンス社、東京、235、1989。

Exposure to Pesticide in Greenhouses

Yoshihiro KUWABARA*, Shigeko UEDA* and Masao YOSHIDA**

Exposure of applicators to metalaxyl was assessed during the spraying to greenhouse cucumbers by power sprayers. Of four applicators wearing work clothes with a hood, a mask and gloves, two moved forward holding the nozzle in their hands so that they passed through the area sprayed by them. The other two went backward and sprayed both sides. Each of the applicators sprayed 14 to 18 g of metalaxyl during one hour of application. The estimated systemic exposure level in the forward moving group was 1 to 10 mg, 3 to 40 times higher than the exposure level of 0.25 to 0.29 mg in the backward group. But, skin exposure was insignificant or not detected in both groups. Also it was suggested that respiratory exposure was higher in the forward moving group than that in the backward group. In conclusion, when applying metalaxyl by any spraying techniques, the risk of poisoning was thought to be negligible under this research condition. However, the workers should employ the spraying technique moving backward, and be protected with suitable protective gear for preventing acute or chronic pesticide intoxications.

* Lab. of Hygiene, Joshi Eiyo University, Sakado-shi, Saitama, Japan.

** Research Center for Rural Life, Tokyo, Japan.