

施設野菜の農薬残留に関する研究

第1報 7種の野菜果実間の残留比較

山本公昭・谷口 尚・奴田原誠克

Studies of Pesticide Residues on Vegetable Crops in Vinyl-houses

[I] Comparison of Residues among Seven Different Vegetable Fruits

Masaaki YAMAMOTO, Hisashi TANIGUCHI and Masakatsu NUTAHARA

施設野菜の農薬残留に関する研究

第1報 7種の野菜果実間の残留比較

山本公昭*・谷口 尚*・奴田原誠克*

Studies of Pesticide Residues on Vegetable Crops in Vinyl-houses

[I] Comparison of Residues among Seven Different Vegetable Fruits

Masaaki YAMAMOTO, Hisashi TANIGUCHI and Masakatsu NUTAHARA

はじめに

農薬を散布した場合の作物における残留量は、各種の要因によって変化する。後藤(1978)は、その総説の中で、農作物における残留を薬剤の付着量、残留農薬の存在状況および残留量の減少速度に分けて考え、その各々に関係する要因を示し、いままでの結果をとりまとめている。そして、これまでの多くの経験から残留量を左右する要因のうち影響の大きいものは、農薬の種類、作物の種類、そして農薬を使用してから収穫までの日数であると述べている。筆者らも施設野菜の農薬残留の要因解析の必要性を認め、その前段として、施設における各種野菜間や農薬の処理方法間での残留比較を行った(山本ら, 1977)。すなわち、キュウリ、ナス、ピーマンおよびトマトを同一ハウスに栽培し、DDVP、MEP、キノメチオネートおよびTPNを散布またはくん煙したところ、野菜の種類、農薬の種類および農薬の処理方法によって残留量に大きな差異がみられることがあり、その差異を果実の比重や肥大速度の違いで説明できる場合があることを報じた。しかし、供試野菜の種類や要因解析の実験が少なく、野菜の特徴と残留の関係を十分明らかにすることができなかった。

*そこで今回、特徴のある野菜として、メロン、インゲンおよびオクラを追加し、また比較事例を増すため供試農薬にダイホルタンを加え、薬液散布処理後の残留比較試験を実施した。そしてこの試験に供した果実について肥大速度を測定すると共に、残留要因解析のため、果実表面への薬液の付着実験や果実表面からの農薬の揮散実験などを行い、作物や農薬の性質が残留

量に及ぼす影響を調べた。

材料および方法

1. 各野菜の残留比較試験

1) 供試野菜と栽培方法

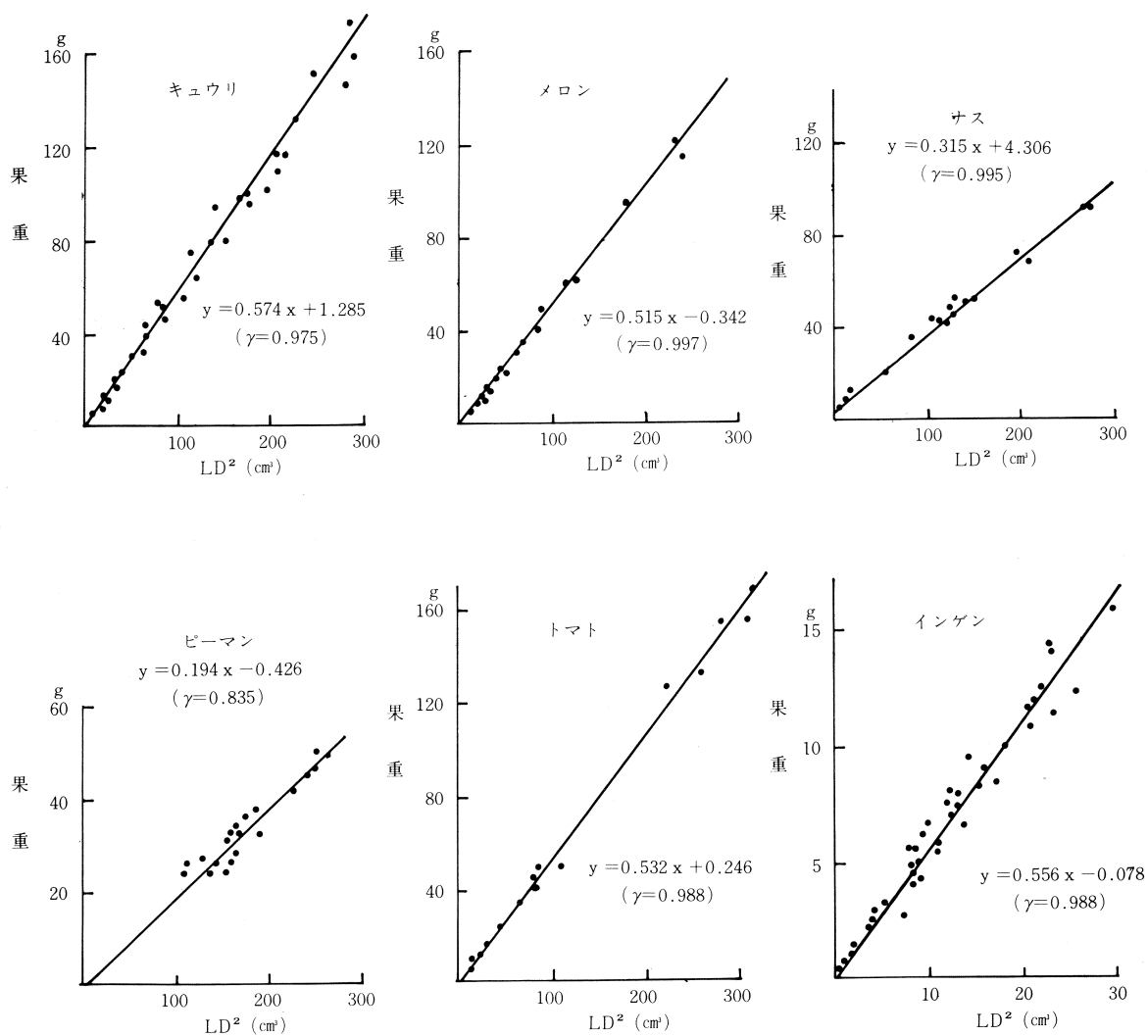
研究所内の約2アールのビニールハウス(昼間は1重張り、夜間はポリエチレンフィルムのカーテンにより2重張り)にキュウリ(新光埼落1号)、メロン(しらゆき)、ナス(千両)、ピーマン(新さきがけみどり)、トマト(ゆうやけB)、インゲン(ケンタッキーワンダー)およびオクラ(グリーンスター)を収穫期が揃うように各々1/4アールずつ栽培し、実験に供した。温度は11月~2月中旬は15~30℃に、2月下旬以降は20~30℃になるように温風暖房機と換気扇で調節した。

2) 供試農薬と散布方法

MEP乳剤(50%, スミチオン乳剤[®])を1,000倍、キノメチオネート水和剤(25%, モレスタン水和剤[®])を2,000倍とし、4月8日に混合散布した。またDDVP乳剤(50%)を1,000倍、TPN水和剤(75%, ダコニール水和剤[®])を600倍とし、4月13日に混合散布した。さらにダイホルタン水和剤(80%)の800倍液を4月19日に散布した。水和剤を使用する際には展着剤としてクミテン[®]を用い、1万倍になるよう薬液に添加した。各野菜の繁茂の程度が異っていたので、それぞれへの散布薬量を揃えることはできなかったが、10アール換算で200ℓ~280ℓを5噴口の動力噴霧器で散布した。この量は葉から薬液がしたたり落ちる直前まで噴霧した量であった。

3) 試料の採取と保存

* 高知県農林技術研究所 農薬残留研究室
高知農林研報 第11号(1979) 33~44.
Bull. Kochi Inst. Agr. & Forest Sci. No. 11 (1979) 33~44.



第1図 果実の長さ(または高さ:L)および直径(D)と重さとの関係

分析試料の果実を散布後1, 2, 3, 7および14日目に採取した。その個数はメロンが5個、インゲンが30本、その他の野菜では10個ずつであった。

採取した果実のうち、キュウリおよびトマトは水無添加で、その他の果実には同重量の水を加えてミキサーで磨砕均質化し、 $-20^{\circ}C$ で冷凍保存した。ただしダイホルタン分析用の試料は、各果実とも試料と同重量のアセトニトリルを加え、ミキサーで磨砕し、 $-20^{\circ}C$ で冷凍保存し、1週間以内に分析した。

4) 残留分析法

DDVP, MEP, キノメチオネートおよびTPNについては、山本ら(1977)が示した方法によって、またダイ

ホルタンについては奴田原ら（1978）が示した方法によって抽出、クリーンアップを実施した。使用したガスクロマトグラフは島津GC-3BFp（FPD・Pフィルター）と島津GC-5AI（ECD）であり、カラムとしてはDDVPとMEPの場合は2.5%DC-200と5%QF-1の混合カラムを、キノメチオネート、TPNおよびダイホルタンは5%DC-200を用いた。添加回収試験は、キュウリを用いて実施し、0.1ppm添加のDDVPの回収率が82~88%、0.1ppm添加のMEPでは90~95%、0.5ppm添加のキノメチオネートでは75~82%、1ppm添加のTPNでは85~91%、1ppm添加のダイホルタンでは98%であった。

2. 果実の肥大調査

各野菜のさまざまな大きさの果実について、長さ（または高さ）と直径を測り、これらと重量の相関を調べた。具体的には、長さ（または高さ）をLとし、直径をDとしたとき、 LD^2 と重量との相関を調べたところ、第1図に示すように、各野菜とも両者間に高い相関が認められ、それぞれにおいて図の中に示したような回帰直線式が得られた。この式により、果実を採取せずして、その重量を推定できるようになった。

そして開花後、毎日または数日おきに、果実の長さ（または高さ）と直径を10~15個体について測定し、これらの数値から果実重量を求め、各果実の肥大曲線を作成した。なお直径は短径と長径の平均をとり、インゲンの場合は、長径のみを測定した。

3. 果実への薬液付着率

収穫直後の新鮮な果実を用い、これを1個ずつ細かい針金でつるし、これに展着剤クミテン[®]の5,000倍液を手押肩掛噴霧器で散布した。薬液散布ごとに重量を測り、これを数回繰り返す。その果実への最大付着量を求めた。この量は、薬液がしたたり落ちる直前の付着量に相当した。また過剰散布時のことも考え、果実を薬液へ浸漬した場合の付着量も調べた。

4. 果実表面からの農薬の揮散実験

1) 供試農薬

DDVP、MEP、キノメチオネートおよびTPNの4農薬を用いた。薬液はTPNを800倍液とし、ほかの3農薬は前記の散布実験の場合と同じ希釈倍率とした。ただし薬液の泡立ちがはげしいと、マイクロシリンジで一定量採取するのが困難なため、特に展着剤を加え

なかった。またTPN水和剤の分散が十分でなかったため、10倍量のアセトンでまず溶かしておいた後、800倍になるよう水を加えた。

2) 供試果実

残留比較試験に用いた7種の野菜の採取直後の新鮮な果実を供試した。

3) 処理方法

果実表面5cm²（2cm×2.5cm）の範囲内に単一の農薬の希釈液50μlをマイクロシリンジで約30滴になるよう付着せしめた後、室内で扇風機を用いて1.5mの距離から微風を当てた。0、30、60、120、180および240分後に付着部分の果皮を切り取り、残存量を測定した。室温は22~25℃であり、果皮上に添加した薬液の水滴が乾くまでには25~35分を要した。

4) 果皮に残った農薬量の測定

切り取った果皮を、共栓付のマイエルフラスコへ入れ、有機溶媒50mlと無水硫酸ナトリウム10gを添加し、10分間振とう抽出した。ここで使用した溶媒は、DDVPとMEPに対しては酢酸エチルであり、キノメチオネートとTPNに対してはn-ヘキサンであった。有機リン剤を抽出した酢酸エチルはろ過した後、5mlまで濃縮し、またキノメチオネートとTPNを抽出したn-ヘキサンは同溶媒で100mlに希釈し、ガスクロマトグラフ注入試料とした。

ガスクロマトグラフィーで使用したカラムなどは前述のとおりであった。また供試薬液の5μlを付着せしめたナス果皮からの回収率は、DDVPが75~82%、MEPが89~97%、キノメチオネートが88~95%、TPNが85~95%であった。

実験結果

1. 残留比較試験

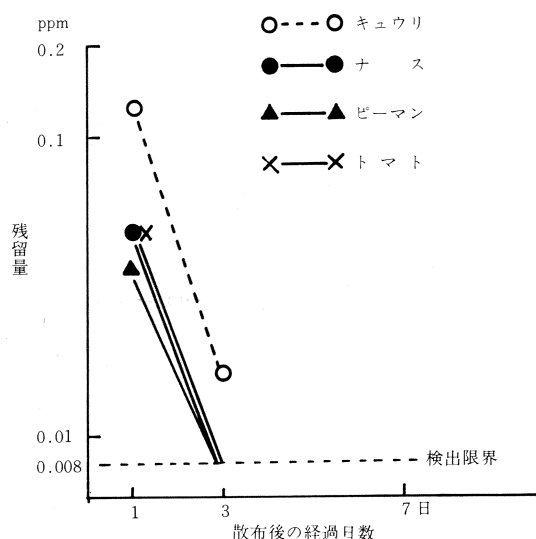
1) DDVPの残留

残留量の経時変化を第2図に示した。散布後1日目の残留量は、キュウリが0.125ppmで最も多く、ナス、トマト、ピーマンがこれに次ぎ、メロン、オクラ、インゲンでは検出されなかった。そして、3日目に検出されたのはキュウリのみであった。

なお、DDVPの野菜での残留基準0.1ppmを越えたのは、キュウリの散布後1日目のみであった。

2) MEPの残留

残留量の経時変化を第3図に示す。散布後1日目の残留量は、オクラ>ピーマン>インゲン、トマト、キュウリ>ナス>メロンの順で多く、最も多かったオク



第2図 DDVPの残留

メロン、インゲン、オクラは1日目、3日目とも検出限界以下、ナス、ピーマン、トマトは3日目が検出限界以下

ラでは2.96ppm、最も少なかったメロンでは0.29ppmであり、オクラでの残留量はメロンの10倍量に相当した。

散布後1日目以降の残留量と経過日数との関係を示す回帰直線式および残留量の半減期は第1表の通りであった。この直線式で示したRは残留量(ppm)であり、tは経過日数である。減少速度は、オクラ、キュウリ、ナス>インゲン>ピーマン>トマト>メロンの順で速く、最も速いオクラでの半減期が0.44日、最も遅いメロンでは2.66日であった。

残留期間を比較するため、MEPの残留基準0.2ppm以下にまで減少するに要する日数をみると、オクラ、キュウリ、ナスおよびメロンでは3日、インゲンとピーマンでは7日、そしてトマトでは14日であった。同じ3日を要したオクラ、キュウリ、ナスおよびメロンのうちでも前3者は残留量が急速に減少して3日目に基準値以下となったが、これに対してメロンでは減少速度が遅かったものの、散布後1日目の残留量が少なかったために3日目に基準値以下になるという違いを示した。

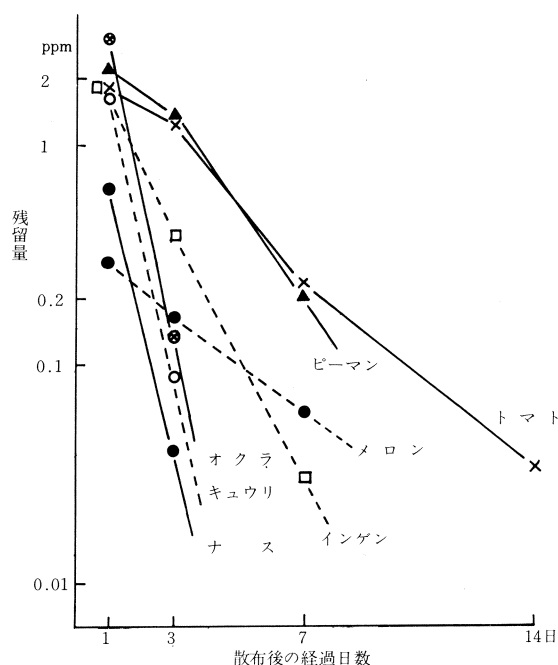
3) キノメチオネートの残留

残留量の経時変化を第4図に示した。散布後1日目の残留量はオクラ>ピーマン>インゲン>キュウリ>ナ

ス>トマト>メロンの順で多く、最も多いオクラでは0.94ppm、最も少ないメロンで0.13ppmであり、約7倍の違いを示した。

散布後1日目以降の残留量と経過日数の関係を示す回帰直線式と残留量の半減期を第2表に示した。減少速度は、オクラ>キュウリ>ナス>ピーマン>インゲン>トマト>メロンの順で速く、最も速かったオクラでの半減期は0.69日であり、最も遅かったメロンでは2.74日であった。

キノメチオネートの野菜における登録保留基準の0.5

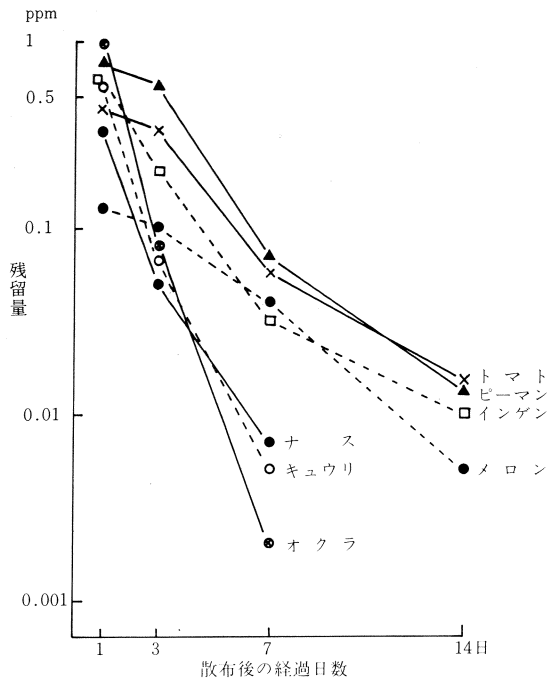


第3図 MEPの残留

第1表 MEP散布後1日目以降の残留量(R)と経過日数(t)との関係を示す回帰直線式と半減期

	回 帰 直 線 式	半減期
キュウリ*	$\log R = -0.636t + 0.848$	0.47 ^日
メ ロ ン	$\log R = -0.113t - 0.438$	2.66
ナ ス*	$\log R = -0.600t + 0.399$	0.50
ピーマン	$\log R = -0.179t + 0.578$	1.68
ト マ ト	$\log R = -0.135t + 0.387$	2.23
インゲン	$\log R = -0.291t + 0.499$	1.03
オ ク ラ*	$\log R = -0.679t + 1.150$	0.44

* キュウリ、ナスおよびオクラでの式は、1日目と3日目の2点の残留値を結ぶ直線式である。



第4図 キノメチオネートの残留

第2表 キノメチオネート散布後1日目以降の残留量(R)と経過日数(t)との関係を示す回帰直線式と半減期

	回 帰 直 線 式	半減期
キュウリ	$\log R = -0.335t + 0.008$	0.90 ^日
メロン	$\log R = -0.110t - 0.713$	2.74
ナス	$\log R = -0.268t - 0.336$	1.12
ピーマン	$\log R = -0.143t + 0.040$	2.10
トマト	$\log R = -0.119t - 0.248$	2.53
インゲン	$\log R = -0.134t - 0.269$	2.25
オクラ	$\log R = -0.439t - 0.339$	0.69

ppmを越えたのは、3日目までのピーマンと1日目のオクラ、インゲン、キュウリのみであった。

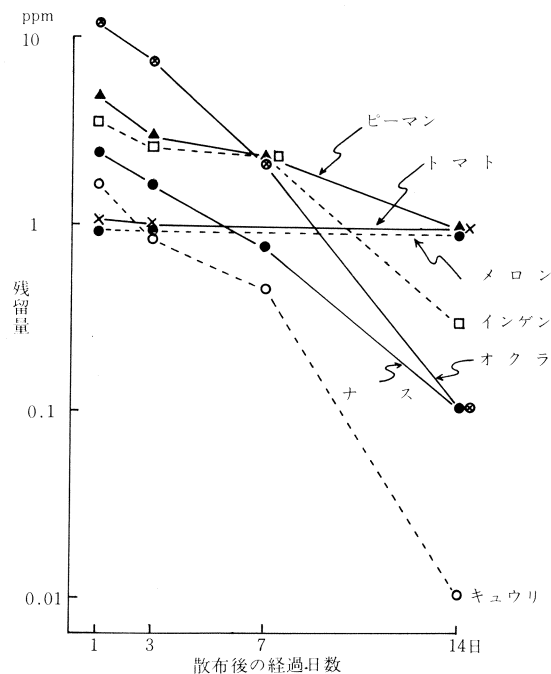
4) TPNの残留

残留量の経時変化を第5図に示した。散布後1日目の残留量は、オクラ>ピーマン>インゲン>ナス>キュウリ>トマト>メロンの順で多く、最も多いオクラで12.0ppm、最も少ないメロンでは0.9ppmであり、オクラではメロンの約13倍であった。

散布後1日目以降の残留量と経過日数の関係を示す回帰直線式と残留量の半減期を第3表に示した。減少速度は、キュウリ、オクラ>ナス>インゲン>ピーマ

ン>トマト>メロンの順で速く、最も速いキュウリでの半減期は1.8日であり、最も遅いメロンでは301日であった。

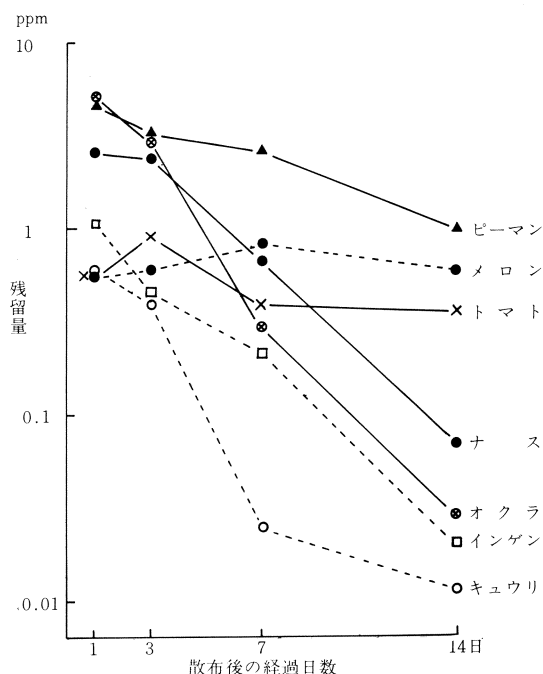
TPNの野菜における登録保留基準1ppm以下にまで減少するのに要する日数を比較すると、メロンは1日目ですでに1ppm以下であり、トマトとキュウリでは3日、ナスでは7日、オクラ、インゲンおよびピーマンでは14日であった。メロンとトマトは残留量がほとんど減少しないにもかかわらず、散布後1日目の値が低かったので早い時期に基準値以下となった。一方、オクラ、ピーマンおよびインゲンではかなり速く減少



第5図 TPNの残留

第3表 TPN散布後1日目以降の残留量(R)と経過日数(t)との関係を示す回帰直線式と半減期

	回 帰 直 線 式	半減期
キュウリ	$\log R = -0.168t + 0.493$	1.80 ^日
メロン	$\log R = -0.001t - 0.048$	301.0
ナス	$\log R = -0.106t + 0.529$	2.84
ピーマン	$\log R = -0.053t + 0.700$	5.68
トマト	$\log R = -0.003t + 0.015$	100.3
インゲン	$\log R = -0.080t + 0.708$	3.76
オクラ	$\log R = -0.161t + 1.325$	1.87



第6図 ダイホルタンの残留

第4表 ダイホルタン散布後1日目以降の残留量(R)と経過日数(t)との関係を示す回帰直線式と半減期

	回 帰 直 線 式	半減期
キュウリ	$\log R = -0.120t - 0.242$	2.51
メロン	$\log R = 0.003t - 0.219$	—
ナス	$\log R = -0.128t + 0.656$	2.35
ピーマン	$\log R = -0.048t + 0.673$	6.27
トマト	$\log R = -0.027t - 0.112$	11.1
インゲン	$\log R = -0.134t + 0.206$	2.25
オクラ	$\log R = -0.178t + 0.875$	1.69

したにもかかわらず、散布後1日目の残留量が多かったので基準値以下になるのに14日を要し、メロンやトマトと対照的な様相を示した。

5) ダイホルタンの残留

残留量の経過変化を第6図に示した。散布後1日目の留量はオクラ>ピーマン>ナス>インゲン>キュウリ、トマト、メロンの順で多く、最も多いオクラでは4.84ppm、最も少ないメロンでは0.55ppmであり、オクラはメロンの約9倍の値を示した。

散布後1日目以降の残留量と経過日数との関係を示す回帰直線式と残留量の半減期を第4表に示した。減少速度は、オクラ>インゲン>ナス>キュウリ>ピーマン>トマト>メロンの順で速く、最も速いオクラでの半減期が1.69日、最も遅いメロンの半減期は負の値となり、かえって増加したことを示した。このメロンでの傾向はサンプリング誤差によるものと思われる。TPNの場合と同じく、ほとんど減少しなかったと考えるほうが妥当のように思われる。

ダイホルタンの野菜における登録保留基準は1ppmであるが、キュウリ、メロンおよびトマトでは散布後1日目ですでに基準値以下であった。インゲンは1日目ですでに1ppmを超える程度であったが、ナスとオクラではこの基準値以下になるのに7日を要し、ピーマンでは14日を要した。1日目の残留量の多かった野菜の場合に7日以上を要したという点はTPNの残留傾向と同じであった。

2. 果実の肥大調査

葉液を散布した場合、残留農薬の濃度は果実の肥大に伴って希釈され、低下する。農薬残留の調査研究領域では、残留値を濃度単位のppmで表わし、これを習慣的に残留量と呼んでいるので、果実の肥大によって残留濃度が低下する現象を、残留量が減少すると一般に表現されている。本報告でもこの習慣的な表現で記述することにした。

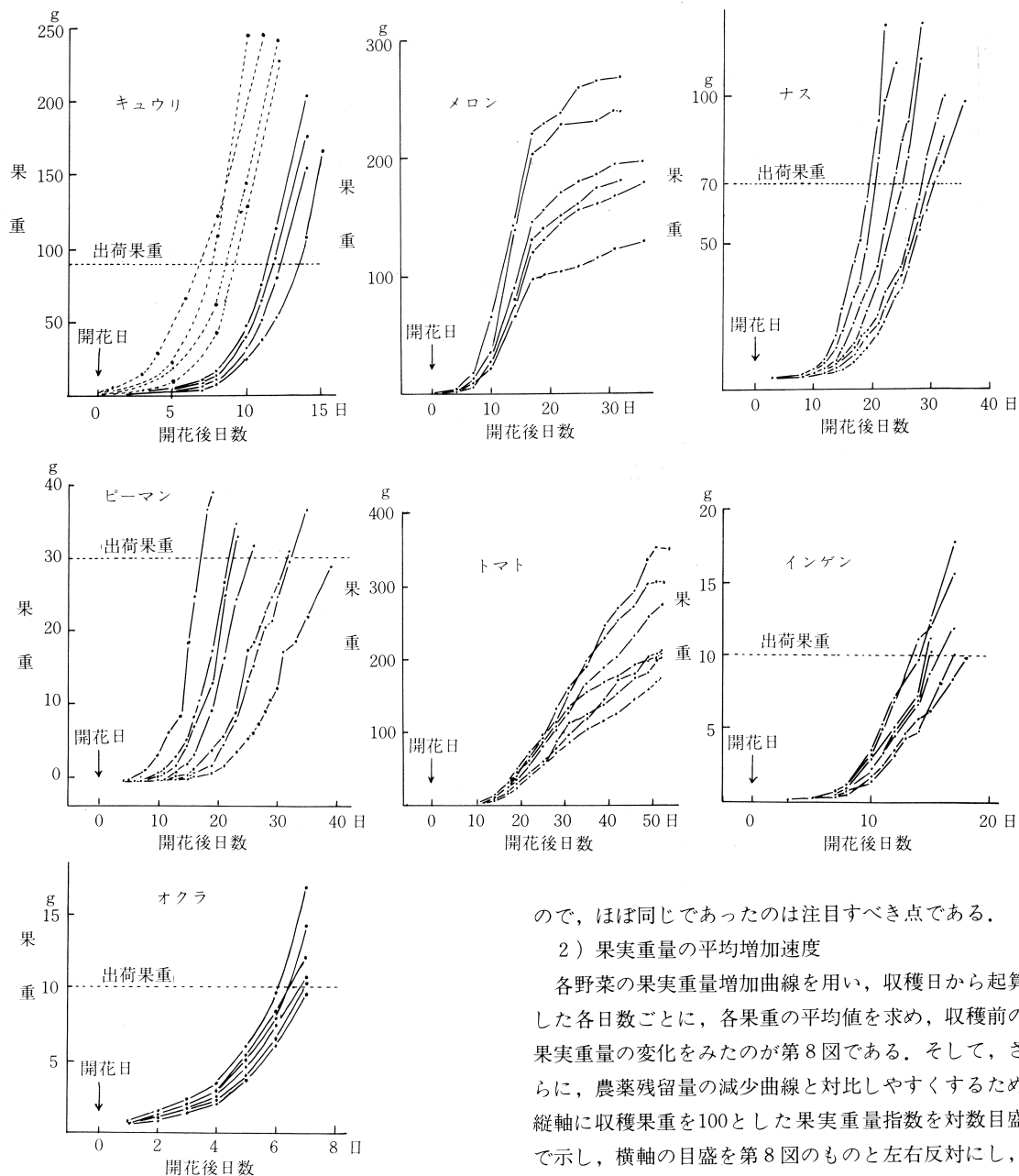
果実での残留量の減少速度を野菜の種類間で比較するためには、まず、各野菜の果実の肥大速度を知る必要がある。

1) 果実重量の増加状況

果実の長さ、または高さをLとし、直径をDとした場合、第1図に示したように、 LD^2 と果実重量との相関が高かったため、開花後のLとDの変化から果実重量の増加曲線を求めた。そしてこれら増加曲線の一部を第7図に示した。

いずれの果実も開花後しばらくはあまり大きくならず、ある時期がくると急に肥大するというパターンを示した。そして、キュウリ、ナス、ピーマン、インゲンおよびオクラは急激な肥大生長過程の最中に収穫し、メロンとトマトはその後に肥大速度が遅くなり始めた頃に収穫されていた。

開花日から収穫日までの日数は、キュウリが7～14日、メロンが31～36日、ナスが20～30日、ピーマンが17～40日、トマトが約55日、インゲンが14～18日、オ



第7図 果実重量の増加曲線

キュウリでの実線は2月28日開花のもの、点線は5月2日開花のもの

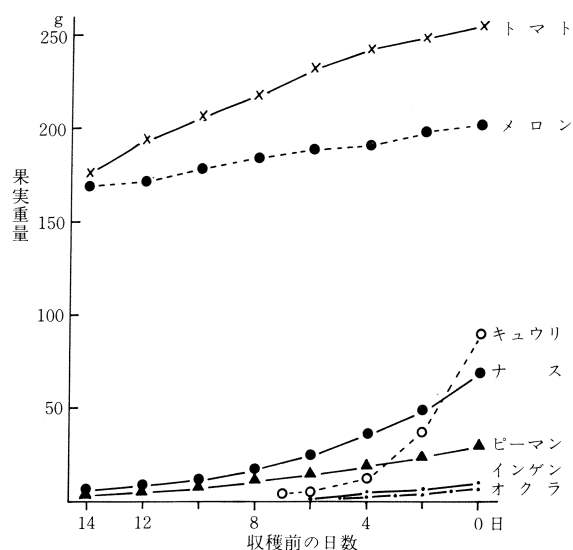
クラが5～7日であった。収穫までの日数で個体間の差異が大きかったのはピーマン、キュウリおよびナスであった。キュウリは2月28日開花のものは11～14日かかり、5月2日開花のものは7～9日であった。この違いは温度、光線、草勢などによるものであろうが、果実が約20gになってから後の増加速度が両時期のもの

ので、ほぼ同じであったのは注目すべき点である。

2) 果実重量の平均増加速度

各野菜の果実重量増加曲線を用い、収穫日から起算した各日数ごとに、各果重の平均値を求め、収穫前の果実重量の変化をみたのが第8図である。そして、さらに、農薬残留量の減少曲線と対比しやすくするため、縦軸に収穫果重を100とした果実重量指数を対数目盛で示し、横軸の目盛を第8図のものと左右反対にし、収穫前の果実重量の変化を示したのが第9図である。この図によれば、果実重量の増加は、キュウリ、オクラ>インゲン>ナス、ピーマン>トマト>メロンの順で速いことが判る。

また、果実重量 (W_t) と収穫前の日数 (t) との関係を示す回帰直線式と半減期 (内容的には果重が倍增するに要する日数) を第5表に示した。果重が倍增する日数で最も短いのがキュウリとオクラであり、約1.5日であった。遅いのはトマトとメロンであり、トマトは倍增するのに27日、メロンでは60日を要するよう



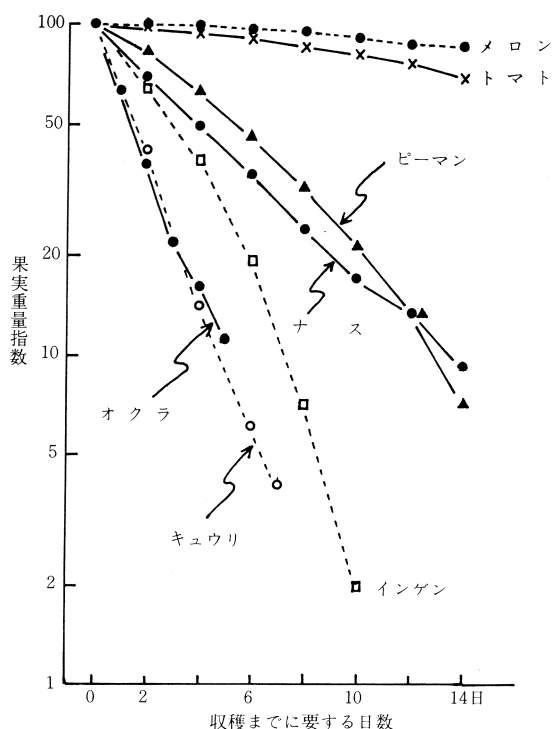
第8図 各作物の収穫前の果実重量変化

ある。ただし、これらの増加速度はこの表に示した集計期間内の速度である。

3. 果実への薬液付着率

残留量が濃度単位で表わされることになっているので、薬液散布の場合、残留量は果実の単位重量当りの表面積によって左右される。例えば、同じ表面積を持つピーマンとナスの果実に同量の薬液が付着したとしても、軽いピーマンのほうがナスより残留量が多くなるはずである。

また、残留量は薬液の付着量によっても左右される。例えば、オクラのように毛が密生している果実とピーマンのように毛のない平滑な表面をもつ果実とでは付



第9図 各果実の収穫前の重量指数の変化

重量指数は収穫時の果重を100として表示

着性が異なり、残留量に大きく影響すると考えられる。平松・古谷(1976)は毛の多いピワやモモの果実への薬液の付着量がウメ、スモモおよびリンゴなどよりも多いことを示している。

そこで散布直後の残留量について各野菜間の比較検討をするに当たっては、果実の表面積や重量、さらには果実の表面形態の違いによる薬液の付着性などを合わせて考慮した比較値が必要となる。今回は、この比較

第5表 果実重量 (Wt) と収穫前日数 (t) との関係

野 菜	集計期間*	回 帰 直 線 式	相 関 係 数	半 減 期**
キュウリ	7 日	$\log Wt = -0.202t + 1.946$	-0.997	1.49 日
メ ロ ン	1 4 日	$\log Wt = -0.005t + 2.300$	-0.992	60.2
ナ ス	1 4 日	$\log Wt = -0.074t + 1.834$	-0.999	4.07
ピ ー マ ン	1 4 日	$\log Wt = -0.082t + 1.570$	-0.985	3.67
ト マ ト	1 4 日	$\log Wt = -0.011t + 2.415$	-0.980	27.4
イ ン ゲ ン	1 0 日	$\log Wt = -0.167t + 1.140$	-0.978	1.80
オ ク ラ	5 日	$\log Wt = -0.195t + 0.995$	-0.997	1.54

* 集計期間：収穫期から前の日数を指し、回帰直線式は、この期間の果重と収穫前日数との相関を示している。

** 半減期：直線式から導いたものであるが、内容的には果実重量が倍増するに要する日数を指している。

第6表 果実への薬液付着量
(水に展着液を1/5000量添加した液を噴霧, 10個体平均値)

野菜	供試果重*	噴霧最大付着液量		浸漬付着液量	
		付着量	付着率**	付着量	付着率**
キュウリ	102.3 ^g	0.58 ^g	0.57%	0.35 ^g	0.34%
メロン	329.8	1.48	0.45	0.63	0.19
ナス	71.3	0.57	0.80	0.34	0.48
ピーマン	34.3	0.62	1.81	0.39	1.14
トマト	191.6	1.04	0.54	0.47	0.25
インゲン	6.06	0.09	1.20	0.04	0.73
オクラ	8.45	0.46	5.44	0.18	2.13

* 供試果重：供試した10個体の平均果重

** 付着率 = $\frac{\text{付着量}}{\text{果重}} \times 100$

値として果実への薬液の付着率を考えた。まず、散布実験により、果実への薬液の最大付着量を求め、これ

を果実重量で除し、この値を100倍して付着率を算出した。結果は第6表の通りであった。最大付着率で比較すると、オクラが5.44%で圧倒的に高く、次いでピーマンが1.81%であり、以下、インゲン>ナス>キュウリ>トマト>メロンの順であり、メロンでは0.45%であった。オクラでは表面に毛が密生しているのと同時に果実の比重が小さいため付着率が著しく高くなったものと思われ、ピーマンでは果実の比重が小さいことが付着率を高くした原因と考えられる。メロンとトマトで付着率が低かったのは、単位重量当りの表面積がインゲンやナスなどよりも小さかったためであろう。ただし、トマト

などでしばしばみられる空洞果では比重が小さくなり、付着率も高くなるので注意を要するが、本試験では空洞果はみられなかった。

なお、果実の比重を示すと次の通りであった。

キュウリ：0.96、メロン：0.95、ナス：0.60

ピーマン：0.41、トマト：0.91、インゲン：0.95

オクラ：0.68

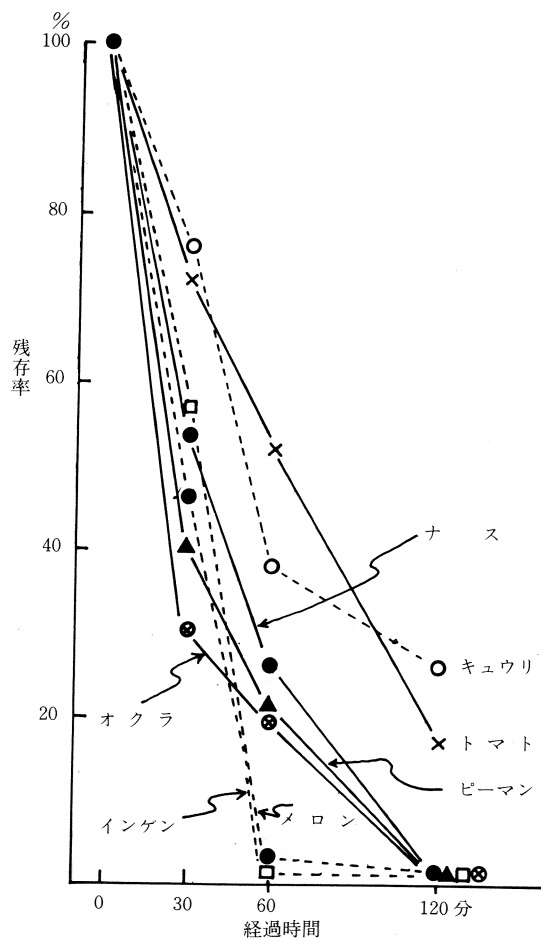
さらに、第6表では薬液の過剰散布も予想して、果実を薬液へ浸漬した場合の付着率も示した。この浸漬時の付着率は最大付着率よりも低かったが、各野菜間の比較では最大付着率の作物間の順序と同じ傾向を示した。

4. 果実表面からの農薬の揮散実験

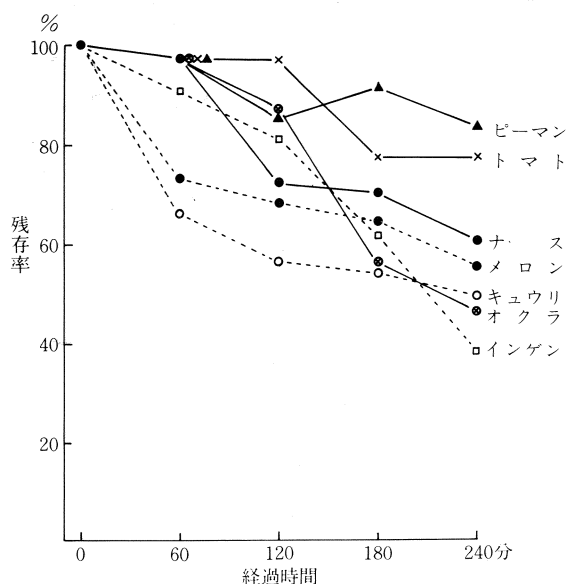
果実表面に薬液をつけ、室内で微風に当て、4時間にわたり果皮に残存する農薬量を追跡したところ、第10～13図のような結果が得られた。

本実験は残留性の一要因として果実表面からの農薬の揮散性をみたものであるが、揮散した農薬を捕捉したものではないので、消失量がすべて揮散量に相当するかどうかは確かでない。しかし光量の少ない室内で、微風に当て、4時間という短い時間内で、しかも果皮につけた薬液が約30分で乾くというような比較的乾燥した条件下であるので、光分解、化学的分解および微生物分解などはほとんど考えられず、更には次に述べるように消失量と農薬の蒸気圧との相関も見られるので、消失量が揮散量に相当するものとみなすこととした。

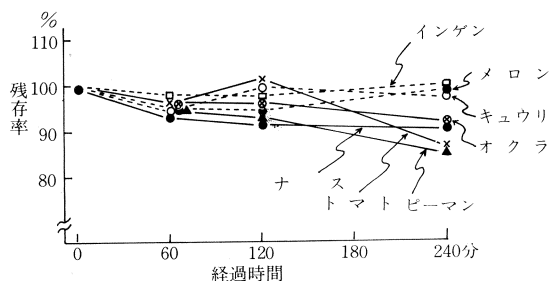
まず、果皮からの揮散速度はDDVPが著しく速く、



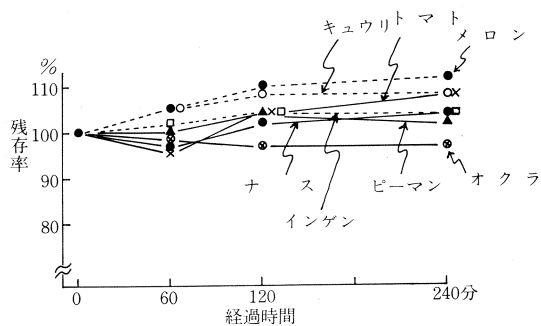
第10図 果実表面からのDDVPの揮散



第11図 果実表面からのMEPの揮散



第12図 果実表面からのキノメチオネートの揮散



第13図 果実表面からのTPNの揮散

MEPがこれに次ぎ、キノメチオネートはわずかに揮散し、TPNはほとんど揮散しなかった。農薬の揮散性の強弱を示すと考えられる蒸気圧と揮散速度の関係を調べてみると、本実験でも蒸気圧の高いものほど揮散量が多いという関係がみられた。農薬ハンドブック（1976）に

よれば、蒸気圧は20℃において、DDVPが 1.2×10^{-2} mmHg, MEPが 6×10^{-6} mmHg, キノメチオネートが 2×10^{-7} mmHgである。またTPNは40℃で0.01mmHg以下とされており、蒸気圧が低くて測定がむずかしいことを示している。

次にDDVPやMEPの揮散速度が野菜の種類によって異なっていることが指摘される。DDVPの場合、メロンとインゲンでは1時間でほとんどが揮散したが、キュウリとトマトでは2時間後でもなお約20%が残存していた。またMEPの場合には、4時間後に、キュウリ、オクラ、インゲンで50%以上が揮散していたのに対し、ピーマンとトマトでは約20%しか揮散しなかった。筆者らは前回の報告（山本ら1977）でもキュウリ、ナス、ピーマンを用いてDDVPとMEPにつき、同様な実験を行った際、DDVPの残存率はキュウリで最も高く、MEPの残存率は反対にキュウリで最も低いという結果を得ている。今回の実験結果もこれと同じ傾向を示したことは興味深い。

キノメチオネートの場合は揮散量が少なく、野菜間での差異も明らかでなかった。TPNでは揮散はみられず、むしろ増加するような傾向を示したが、多分これは分析誤差であると考えられた。

考 察

野菜や農薬の種類間の残留比較に当っては、筆者らの報告（山本ら、1977）で考察したのと同じく、散布後1日目の残留量と、その後の減少速度の2点に分けて比較検討することとした。

1. 各種野菜間の残留比較

散布後1日目の残留量を比較するため残留量の多い野菜から順に並べたのが第7表である。この表から、DDVP以外の農薬では、オクラ>ピーマン>インゲン、ナス、キュウリ>トマト>メロンの順で多くなる傾向が認められる。この順序は第6表に示した薬液最大付着率の順序とよく似ている。また最高の付着率を示したオクラでは、最低のメロンの12倍であった。前述の残留比較試験でも散布後1日目のオクラはメロンの7～13倍であり、付着率の場合と同程度の倍率を示した。これらのことは、薬液最大付着率と散布後1日目の残留量との相関が非常に高いことを示唆している。この付着率は果実表面構造の違いや、表面への薬液の付着性の差異、更には果実の比重の違いなどを総合的に考慮した値であり、しかも実験により簡単に得られるこ

第7表 散布後1日目の残留量の比較

農 薬	多←—残 留 量—→少
MEP	オ ク ラ>ピーマン>インゲン, ト マ ト, キュウリ>ナ ス>メ ロ ン
キノメチオネート	オ ク ラ>ピーマン>インゲン>キュウリ>ナ ス>ト マ ト>メ ロ ン
TPN	オ ク ラ>ピーマン>インゲン>ナ ス>キュウリ>ト マ ト>メ ロ ン
ダイホルタン	オ ク ラ>ピーマン>ナ ス>インゲン>キュウリ>ト マ ト>メ ロ ン
DDVP	キュウリ>ナ ス, ト マ ト, ピーマン>オ ク ラ, インゲン, メ ロ ン

第8表 残留量の減少速度の比較

農 薬	長←—半 減 期—→短
MEP	メ ロ ン>ト マ ト>ピーマン>インゲン>ナ ス, キュウリ, オ ク ラ
キノメチオネート	メ ロ ン>ト マ ト>インゲン>ピーマン>ナ ス>キュウリ>オ ク ラ
TPN	メ ロ ン>ト マ ト>ピーマン>インゲン>ナ ス>オ ク ラ, キュウリ
ダイホルタン	メ ロ ン>ト マ ト>ピーマン>キュウリ>ナ ス, インゲン>オ ク ラ

とから、今後、残留比較解析の有効な手段になるものと考えられる。ただし、DDVPのように著しい揮散性を示す農薬では、付着率と散布後1日目の残留量との間に相関は認められなかった。すなわち、薬液の付着量や果実の比重よりは、むしろ後述のように果皮と農薬の親和性などによる揮散抑制が残留量を左右するものと考えられた。

次に、散布後1日目以降の減少速度を比較したのが第8表である。この表から、オクラ、キュウリ>ナス、インゲン>ピーマン>トマト>メロンの順で減少が速い傾向が認められる。この順序は第9図で示した果実重の増加速度の順序（オクラ、キュウリ>インゲン>ナス、ピーマン>トマト>メロン）とよく似ており、果実の肥大による農薬の希釈が残留量の減少速度に大きく影響することを示している。

以上の結果から、各野菜の特徴と農薬残留との関係について取りまとめてみると、次のようなことが考えられる。

1) オクラは果実が軽く、しかも、薬液の付着量が多いために、またピーマンは果実の比重が小さいために、散布後1日目の残留量が高い。その後、オクラでは肥大が速く、残留量も急速に減るので、数日経過すれば残留基準値以下になる場合が多いが、ピーマンはオクラに比べて肥大がやや遅く、残留量の減少速度も遅れるので、残留基準値まで低下するのに、かなりの日数を要する場合が多い。

2) キュウリ、ナス、およびインゲンでは散布後1

日目の残留量はやや高いが、その後、果実の肥大にしたがって残留量が速く減少するので、数日経過すれば残留基準値以下になる場合が多い。

3) メロンやトマトは単位重量当りの表面積が小さいために、薬液の付着率が低く、散布後1日目の残留量が少なくなり、残留基準値をこえる事例は少ない。しかし肥大速度が遅く、残留量の減少が遅れるので、数回、同一農薬を散布すると、その農薬は果皮上で累積し、残留基準値をこえることが予想されるので注意を要する。

2. 農薬の種類間の残留量の比較

今回の残留比較試験で散布された薬液の濃度を表示成分含量から計算すると、DDVPとMEPが500ppm、キノメチオネートが125ppm、TPNが1,250ppm、ダイホルタンが1,000ppmであった。キノメチオネートとTPNの間には10倍の違いがみられ、散布後1日目の残留量も同程度の差異を示した。薬液濃度の違いが残留量に大きく影響した一例である。

次に残留性に強く影響すると思われる農薬の揮散性について考える。一般に、揮散性の大きい農薬では散布後1日目の残留量も低く、その後の減少速度も速いと考えられている。今回の残留比較試験では、散布薬液濃度が各農薬によって異なっていたために、散布後1日目の残留量を農薬の種類別に直接対比できなかったが、第2～6図で判るように残留量の減少速度はDDVP>MEP>キノメチオネート>TPN、ダイホル

タンの順で速かった。この順序は揮散実験の揮散速度のそれと同じであり、揮散性が残留性に強く影響していることを示している。

後藤（1978）が総説しているように、植物表面のクチクラ層への農薬の溶け込みも予想されるので、農薬の蒸気圧のみで、直ちに果実表面からの揮散性の難易を推定してよいかどうかは問題であるが、今後、多くの農薬について正確な蒸気圧の測定が望まれるし、また蒸気圧と作物残留性の関係についてもより多くの検討が望まれる。

最後に、果実表面と特定の農薬との間に親和性があるのではないかと推定される現象について述べる。DDVPの残留比較試験（第2図）で他の野菜に比べ、キュウリが最も高い残留を示したが、筆者らの前回の報告（山本ら1977）でも、散布、くん煙、共に同じような傾向を示した。また今回のDDVPの揮散実験（第9図）では、キュウリにおいて最も揮散速度が遅かった。これらの原因は明らかではないが、キュウリ果実の表層とDDVPが何らかの親和性を示したものと思われる。

摘 要

施設野菜の果実における農薬残留について、野菜や農薬の種類間の比較を行った。同一ビニールハウス内において同時期に7作物（キュウリ、メロン、ナス、ピーマン、トマト、インゲンおよびオクラ）を栽培し、5農薬（DDVP、MEP、キノメチオネート、TPNおよびダイホルタン）を散布し、果実での残留量の経時変化を調べるとともに、比較解析のために果実重量の増加速度調査、果実への薬液付着量調査および果実からの農薬揮散実験などを行ったところ、次のような結果を得た。

1) DDVPは揮散速度が著しく速いため、散布後1日目には既にメロン、インゲン、オクラで検出されなかった。検出された野菜の中では、キュウリが最も高く、ナス、トマト、ピーマンは低かった。そして散布

後3日目にはキュウリにおいてのみ検出され、キュウリにおけるDDVPの残留性が高いことを示した。

2) DDVP以外の農薬の場合には、散布後1日目の残留量は、オクラ>ピーマン>インゲン、ナス、キュウリ>トマト>メロンの順で高い傾向が認められた。この順序は果実の薬液最大付着率の順序（オクラ>ピーマン>インゲン>ナス>キュウリ、トマト>メロン）とよく似ていた。この付着率は、散布後1日目の残留量推定に利用可能な値と思われた。

残留量の減少速度（散布後1日目以降の速度）は、オクラ、キュウリ>ナス、インゲン>ピーマン>トマト>メロンの順で速い傾向が認められた。この順序は果実重量の増加速度の順序（オクラ、キュウリ>インゲン>ナス、ピーマン>トマト>メロン）とよく似ており、果実肥大による希釈が、残留量の減少速度を大きく左右することを示した。

3) 残留量の減少速度は、DDVP>MEP>キノメチオネート>TPNの順で速かったが、この順序は果実表面からの揮散実験で得られた揮散速度の順序と一致した。

引 用 文 献

- 1) 福永一夫編・農薬ハンドブック（1976）. 日本植物防疫協会, 350~381.
- 2) 後藤真康（1978）. 作物における農薬残留と安全使用. 植物防疫 32, 95~99.
- 3) 平松禮治・古谷扶美枝（1976）. 果樹に散布した農薬の果実における付着・残留. 農薬科学 3, 145~151.
- 4) 奴田原誠克・山本公昭（1978）. 磨砕均質化した果実・野菜中における *Captafol* の分解. 日本農薬学会誌 3, 101~107.
- 5) 山本公昭・奴田原誠克・谷口尚（1977）. 施設栽培の果菜類における農薬残留比較. 高知農林研報 9, 1~10.