

昭和五十四年九月二十五日
平成五年九月二十五日
第1553号
印刷
種(第四十七卷)
郵便(一回)
物(一日)
認(第十)
行(号)

植物防疫



1993

10

特集 施設環境制御と病害防除

VOL 47

畑のチャンピオン、 ガゼットくん。

野菜・畑作害虫をノックアウト

特 長

- 抵抗性コナガ、キスジノミハムシ、ミナミキイロアザミウマなど難防除害虫に優れた効果を示します。
- かんしょやいちごのコガネムシ類(幼虫)、さとうきびのハリガネムシなど土壌害虫にすぐれた効果を示します。
- 優れた浸透移行性により、薬剤のかかりにくい部分でも十分な効果を示します。
- 優れた残効性により防除回数を減らすことが可能です。



ガゼット[®]粒剤

カルボスルファン…3.0%

®は米国FMC社の登録商標です。



日産化学



原体供給元
FMCコーポレーション

★ 日産化学



ふり向けばもう……



殺ダニ・殺虫剤

サンマイト[®] 水和剤
フロアブル

®は日産化学工業(株)の登録商標

- サンマイト水和剤 …… かんきつ、りんご、なし、もも、おうとう、ぶどう
- サンマイトフロアブル …… 茶、すいか、メロン、いちご、あずき、きく、カーネーション、トマト、ポインセチア

a：外張り天井面の結露状態



ビニルフィルム（左上）は大量の水滴が付着しているが、防曇・流滴性シート（左下）は全く結露していないように見える。流滴加工していないシート（上）は結露し、曇っている。

b：内張り天井面の結露状態



ビニルフィルム（左）は大量の水滴が付着しているが、ポリビニルアルコールフィルム（右）は結露していない。

c：排水用樋の設置状態



（左）：外張り内側に排水用樋を設置して、流下する結露水を集め、（右）：ホースで屋外に排出する。

我が国におけるクサカゲロウの大量飼育の可能性と問題点



①人工飼料を食べるヨツボシクサカゲロウ成虫 ②バラに産みつけられたヨツボシクサカゲロウの卵 ③アブラムシを捕食しているヒメクサカゲロウの幼虫 ④ヒメクサカゲロウの幼虫の頭部(大顎が発達している) ⑤雄蜂児粉末と水を別々に摂取するヨツボシクサカゲロウの幼虫 ⑥化学合成飼料を液状にして摂取するヨツボシクサカゲロウ幼虫 ⑦繭から取りだしたヨツボシクサカゲロウの蛹と前蛹(休眠個体) ⑧アメリカで市販されているヒメクサカゲロウ(小さなセルに1個ずつ繭ができる)

新島恵子氏原図(本文21ページ参照)

『地球』 異星人の うらやむ星



この美しい大地と大気を汚すことなく永遠に愛する人類を守りぬくこと。そのためにいつも新しい技術にチャレンジし続けること。
私たちは農業を通して、明日の地球と社会とを話す企業です。



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-4-20

農薬会社は、日本農業の発展を願い、安全で効果の高い農薬を創りおとどけています。

新しい防除シーン：を提案します。

サンケイ化学のフェロモン製剤

【交信攪乱用製剤】

- コナガコン®(コナガ用)
- ヨトウコン®-S
(シロイチモジヨトウ用)

【大量誘殺用製剤】

- アリモドキコール®
(アリモドキゾウムシ用)
- オキメラノコール®
(オキナワカンシャクシコメツキ用)

【発生予防用製剤】

- コドリングコール®(コドリング用)
- SEルアー(ニカメイガ、コナガ、シロイチモジヨトウ、カブラヤガ、モモハモグリガ、キンモンホソガ、チャノボンガ、シバツトガ、スジキリヨトウ、ヒメコガネ、アリモドキゾウムシ用)

フェロモン製剤は
新しい防除シーンを
提案します。



※は登録商標

害虫の発生を予察する。
交信を攪乱して交尾を阻害する。
大量に誘引して防除する。

害虫の抵抗性を
発達させることがなく、
また殺虫剤の
散布回数を軽減する。



サンケイ化学株式会社

本社：〒890 鹿児島市唐湊4-17-6

東京本社：〒101 東京都千代田区神田同町2-1(神田中央ビル)

☎(03)294-6981

☎(0992)54-1161

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

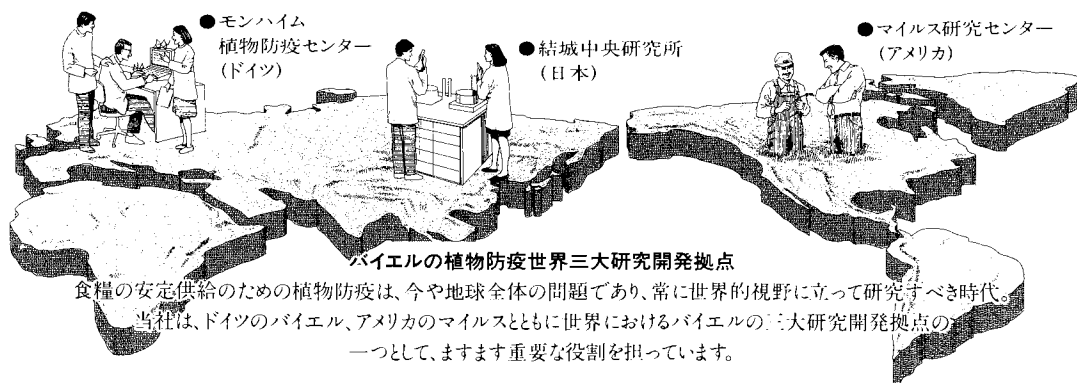
第 47 卷 第 10 号 目 次
平成 5 年 10 月号

特集：施設環境制御と病害防除

施設環境制御による果菜類灰色かび病の防除	入江和己・岡田清嗣・増田吉彦・佐古 勇	1
雨よけ栽培による果樹病害の防除——特にブドウ枝膨病防除について——	梶谷 裕二	6
養液栽培の培養液管理による根部病害の防除	竹内 妙子	10
根域隔離栽培による土壌病害の防除	上原 洋一	13
イネ萎縮ウイルスの全遺伝子構造	上田 一郎	17
我が国におけるクサカゲロウの大量飼育の可能性と問題点	新島 恵子	21
ニンジンしみ腐病の発生生態と防除	棚橋 一雄	26
植物防疫基礎講座		
多重比較法とその選び方(3)/ノンパラメトリック検定で用いる多重比較法	山村 光司	31
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(5)/ムギ眼紋病菌	竹内 徹	36
(リレー随想) 気象観測船に乗船して(1)/巡視船「おじか」でのウンカ調査の思い出	三田 久男	40
新しく登録された農薬(5.8.1~8.31)		42
協会だより	お知らせ	20
人事消息	新刊紹介	30
主な次号予告	出版部より	42

自然の恵みをより豊かにするために。

「確かさ」を追求…バイエルの農薬



新しい時代のニーズに合った 夢の新殺虫剤

アドマイヤー®

Bayer

日本バイエルアグロケム株式会社
東京都港区高輪4-10-8 ☎108

ガス抜きのいらない
殺センチュウ粒剤
ネダニにも適用拡大されました。



●農薬は正しく使いましょう！

ボルテージ[®]粒剤6

【使用方法】

- きゅうり、トマトの
ネコブセンチュウには播種
前または定植前に土壤に
全面散布して土壤混和する。
- だいこんのネグサレセンチュウ
には播種前に土壤に
全面散布して土壤混和する。
- キスジノミハムシには
播溝処理して土壤混和する。
- らっきょうのネダニには
植溝処理して土壤混和する。

武田薬品工業株式会社
アグロ事業部 東京都中央区日本橋2丁目12番10号

特集：施設環境制御と病害防除〔1〕

施設環境制御による果菜類灰色かび病の防除

兵庫県立中央農業技術センター

大阪府立農林技術センター

和歌山県農業試験場

鳥取県園芸試験場

いり
入
お
か
岡
ま
す
増
さ
佐え
江
だ
田
だ
田
こ
古かず
和
き
よ
清
よ
吉み
己
つ
嗣
り
彦
い
さ
む
勇

はじめに

1973年の第一次石油ショック以降、園芸作物の施設栽培ではエネルギーの節減のために多重被覆や低温管理などが定着化し、好湿性病害の灰色かび病が恒常的に多発生しやすい環境にある。しかも、最近では施設野菜の作付けが排水不良の水田転換畑に広がるに従い、その被害は一層増大している。一方、灰色かび病に対するこれまでの防除の実態としては薬剤への依存度が高く、多発生環境下のために薬剤が過用されてきた。その結果、灰色かび病に卓効を示すベンズイミダゾール系薬剤やジカルボキシイミド系薬剤は、使用され始めてすぐに耐性菌が出現し、防除効果は激減した。薬剤耐性菌の普遍化は、多湿環境とともに灰色かび病の難防除化の要因となってきた。

このような状況をもとに、灰色かび病に対する発生抑制効果の向上と安定化を目指して、耕種的及び物理的な手法などを複合化した防除技術を検討した。ここでは、それらの中で施設の環境制御による防除技術を抜粋して、試験結果の概要を紹介する。

灰色かび病の発生環境要因としては、相対湿度と結露などによる植物体の濡れが大きな割合を占めている(手塚ら, 1983; 我孫子, 1992)。本試験では、最近開発された資材も利用して発病環境の改善と灰色かび病の発生抑制効果について、慣行の使用資材や栽培管理との比較によって明らかにした。

なお、本試験は「地域重要新技術開発促進事業(平成2年度～4年度)」として実施したもので、兵庫県がトマト、大阪府がナス、和歌山県がミニトマト、エンドウ、鳥取県がイチゴを担当した。

I 施設の被覆資材

多湿で発生する病害を抑制するために、施設の被覆資

材として防滴性あるいは防霧性のポリ塩化ビニルフィルム(以下、ビニルフィルムと略記)などが多く使用されているが、その性能は十分とはいえない。最近開発された流滴性資材や透湿性資材などを使用して、発病環境の改善を図った。

1 防曇・流滴性シート(外張り)

トマトの促成栽培で外張りの屋根面に防曇・流滴性シートを用い、防霧性のビニルフィルムと比較した。供試した資材は、流滴性能をもつジアセテート樹脂を張り合わせたポリカーボネート波状シート(ユーピロンファイン、以下、防曇シートと略記)で、界面活性剤を混和した従来のフィルムとは全く異質の素材である。

まず、防滴性についてみると、朝方でビニルフィルムにはまだ水滴が大量に付着している状態でも、防曇シートでは全く結露していないように見える(口絵写真a)。これは、防曇シート面の結露水が膜状に広がるとともに、シート面に沿って流下するため(図-1)、屋内での水滴の落下を阻止する。農薬の付着調査用紙を使って水滴の落下を午前10時から1時間調査した結果、ビニルフィルムでは10.4個/100 cm²の落下跡が認められたが、防曇シートは皆無であった。

また、防曇シートを使用したハウス内の夕方から翌朝までの相対湿度は、晴天時にはビニルフィルムより最大10%低く推移した。この湿度差は、主として天井面の結

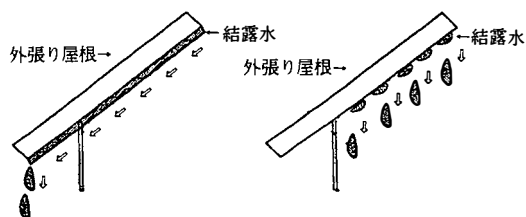


図-1 外張り天井面の結露状態と水滴の落下状態

左：防曇・流滴性シート（結露水は膜状となり、屋外に排出）

右：ビニルフィルムなど（結露水は滴となり、屋内に落下）

Control of Gray Mold (*Botrytis cinerea* PERSON) of Fruit Vegetables by Conditioning Environment in Green House.

By Kazumi IRIE, Kiyotsugu OKADA, Yoshihiko MASUDA and Isamu SAKO

露水の屋外への排出によるものと考えられる。天井面を流下する結露水を屋外で樋によって集め、その量を測定した。その結果、排水量は天候や気温によって一定ではないが、ハウス面積 100 m² 当たり 5.1~15.3 l/日にも及び、このシートが一種の除湿機の役割を果たしたものとみなされる。

そして、防曇シートにおける灰色かび病の発生は、発病葉率では対照のビニルフィルムの 40%、同様に発病花率では 30% にそれぞれ抑制された。培地暴露法による空中の捕そく菌量もビニルフィルムの 3~38% にすぎなかった。

2 保温性強化フィルム(外張り)

保温性強化ビニルフィルムは赤外域の光線透過率を 10% 前後に抑え、断熱性を向上させた被覆資材である(内藤, 1988)。イチゴの促成栽培で、保温性強化ビニルフィルム(ハウスホット)を外張りに、ポリオレフィン系透水性フィルムを内張りに用いた。保温性強化ビニルフィルムは夜間の温度が対照の外張り・防霧性ビニルフィルムより 1~2°C 高く推移し、収穫の開始も 6 日早く、収量は 12% 増となった。灰色かび病の発生は 2 か年の試験とも保温性強化ビニルフィルムが少なく、特に収穫前期において防霧性ビニルフィルムとの差が大きかった。なお内張りとの組み合わせでは、外張り・保温性強化ビニルフィルムと内張り・防霧性ビニルフィルムのハウスが最も低い発病果率を示し(表-1), 収量は外張り・防霧性ビニルフィルムの 19% 増となった。このように灰色かび病の発生抑制や収量の増加は、夜温を高く維持し、相対湿度を低下させたことが影響していると考えら

表-1 被覆資材によるイチゴ灰色かび病の発生抑制効果(1993 年)

被 覆 資 材		発 病 果 率 (%)				
外張り	内張り	1 月下旬	2 月上旬	2 月下旬	3 月上旬	総収果数
保温性強化 ビニルフィルム	防霧性 ビニルフィルム	7.5	0.3	1.4	0.3	1.2
保温性強化 ビニルフィルム	透水性 ポリオレフィンフィルム	6.8	5.4	2.7	3.7	3.9
防霧性 ビニルフィルム	流動性 ポリオレフィンフィルム	37.5	6.0	5.4	1.5	5.3

れる。

3 透湿性フィルム(内張り)

(1) ポリビニルアルコールフィルム

ポリビニルアルコールフィルム(PVA と略記)は素材自体が親水性で、吸放湿性や透湿性をもち、防曇性や防霧性に優れている(黒住, 1986; 内藤, 1988)。トマトやミニトマト、イチゴ、ナスの栽培ハウスの内張りに PVA (ベルタフあるいはベルキュウスイ)を用い、ビニルフィルムやポリエチレンフィルムと比較した。

口絵写真 b に示すように、ビニルフィルムで多量に結露していても、PVA では全く結露がみられず、PVA からの水滴の落下はほぼ皆無に近い状態にまで抑えられる。ミニトマトで、感水試験紙を使用して水滴落下量を調査した結果、対照の防霧性ビニルフィルムは 1 日当たり 3 個/100 cm² の水滴落下跡が認められたが、PVA は皆無であった。またトマトでは、栽培方式や外張り資材、気象条件などが異なる 4 か所で試験し、水滴の重量の測定や農薬散布調査用紙で調査を行った。ミニトマトとほぼ同様の結果で、内張りの展張時での水滴の落下は 2 か所が皆無、1 か所が少量認められた。また、1 か所では内張りを開放したときにきわめてわずかな落下があった。水滴の落下が認められたハウスはいずれもきわめて多湿状態で、ハウスの骨材に結露した水滴が落下して PVA を貫通したか、PVA を飽和状態に保水させたためと思われる。

夜間の湿度はビニルフィルムなどと比較すると、ナスでは 5%、ミニトマトでは 3~5%、イチゴでは 1~2% 低かった。また、トマトでは最大 10% 程度低かったが、日中の湿度は逆に PVA が高かった(図-2)。これは、PVA が夜間に吸湿した水分を日中放出していることを示唆しており、PVA の吸湿性を十分に発揮させるには、日中にハウスの換気を行って PVA を乾燥させる必要がある。さらに天候との関係でみると、晴天で屋外の気温が低下したときに夜間の湿度差は大きく、曇天時は小さくなった。雨天時はビニルフィルム、PVA とともにほぼ飽和状態で推移した。

PVA の内張り、外張り天井面に結露水排出用の樋を組み合わせると、除湿機能は一層促進される。そのメカニズムは図-3 のとおりである。すなわち、内張り内は外部より温度が高いため飽和水蒸気量は多く、絶対湿度も高い。そのため、内張り内の水蒸気は PVA を透過して、絶対湿度の低い内張り外と外張りの間へ移動し、外張りフィルムの内面で結露する。それらを排水用の樋(ツユトール、口絵写真 c)で集めて屋外に排出することにより、内張り内の水蒸気は連続的に屋外へ移動する。

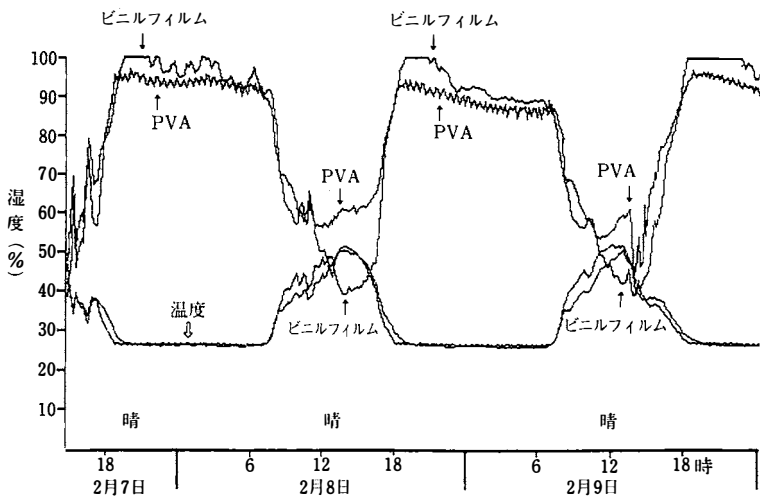


図-2 内張りフィルムの種類と内張り内の湿度推移 (1992 年)

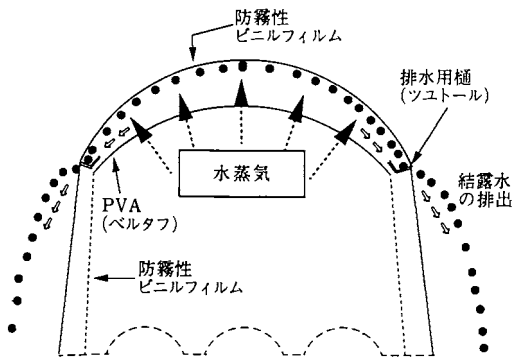


図-3 PVA の内張りと排水用樋による除湿の模式図

ミニトマトで排水量を測定した結果、内張りなしが最も多く、PVA、ビニルフィルムの順であった(表-2)。PVA とビニルフィルムの排水量の差、60 ml/m² は、PVA の透湿性に基づくものとみなされる。PVA とビニルフィルムとの除湿量の差を計算すると、透湿量に吸湿量を加えた 80 ml/m² が、PVA とビニルフィルムの相対湿度の差、2～6%をもたらしたと考える。

トマトでは PVA の内張り単独でも除湿効果及び発病抑制効果は認められたが、排水用樋との併用によって湿度低下が大きく、その時間帯も広がった。結露水の排出量は、気象条件によって異なるが、11～12 月における 1 日当たりの平均排水量は 112 ml/m² であった。

灰色かび病の発生は対照のフィルムと比較し、ナスでは発病果実が 1/2～1/3 程度、ミニトマトでは葉が 1/4 程度、トマトでは葉と果実が 1/2 前後、花房が 2/3 程度にそれぞれ抑制された(表-3)。また、イチゴでも 1 月から

表-2 PVA の内張りによる除湿量(ミニトマト)

内張り資材	除湿機作	除湿量 (ml/m ² *)
PVA	結露水の排出	240
	PVA の吸湿	20
ビニルフィルム	結露水の排出	180
無	結露水の排出	290

*：ハウス面積当たり

表-3 PVA の内張りによるトマト灰色かび病の発生抑制効果 (1991～1992 年)

内張り フィルムの 種類	発病率率(%)	発病花率(%)			発病果率(%)		
	2/28*	12/26	1/7	1/23	12/26	1/7	1/23
P V A	14.2	17.9	30.5	14.9	3.2	4.5	5.0
ビニル フィルム	33.5	36.7	43.2	23.2	10.5	6.9	8.0

*調査月/日

3 月までの収穫期間にわたって高い抑制効果が認められた。

なお、PVA の保温性はビニルフィルムと比較すると、無加温栽培のナスではやや劣った(0.5℃低い)が、加温栽培のミニトマトでは差が認められなかった。内張り展張時での照度は、ビニルフィルムに結露していない状態では PVA と差がなく、結露している状態では PVA が数%高かった。また、トマトにおいて収量を比較した結果、果実 1 個体当たりの重量は PVA がビニルフィルムより重く、特に収穫初期にその差が大きかった。ま

た、総重量も収穫全期間にわたって PVA がビニルフィルムを上回った。

(2) ポリエステル不織布

ナスの加温栽培ハウスで、外張りにビニルフィルムを用い、内張り資材として透湿性のポリエステル不織布(ラブシート)とビニルフィルムを比較した。夜間の相対湿度は対照のビニルフィルムが 100% に達したのに対し、ポリエステル不織布ではそれより約 5% 低く推移し、発病果率も 1/2~1/3 程度に軽減された。ポリエステル不織布は発病を抑制する効果があるが、透光性が低いので、作物の生育を考慮すると固定張りはもちろんのこと、日射量の少ない時期での使用は困難である。

II 灌水制御

ホースによる手灌水がチューブ灌水が一般的であり、気温の上昇時には省力的な方法として畝間灌水が行われている。これらの地表面への灌水は、水分が蒸発して湿度の上昇の原因となるが、特に畝間灌水は多湿状態を長時間持続させ、灰色かび病の多発生を招いている。水分の蒸発を抑制するための灌水方法やマルチとの組み合わせ効果について検討した。

1 地中灌水法

地中灌水法は、地中に埋設したチューブから作物の根圏に必要量だけ給水するため、地表面を乾燥状態に保つことができる。

ナスでは、多孔質ゴムチューブ(リーキパイプ)を 5~15 cm の深さの土中に埋設し、 $0.01\sim0.03\text{ kg/cm}^2$ の圧力をかけて通水した。この方法で通水すると、チューブの水圧と土壌の水分張力のバランスで、水が少しずつしみ出す仕組みとなっており、Subsurface Moisture System あるいは Subsurface Dispersal System と呼ばれている。1990 年から 3 年間続けて試験を反復したところ、ハウス内の夜間の相対湿度は慣行の畝間灌水より 2~5% 低く推移し、特に曇雨天日においてその差は拡大した。また、発病果率は慣行に比較してきわめて低く(図-4)、顕著な発病抑制効果が認められた。

地中灌水した土壌での水分は、畝間灌水でみられるような極端な乾湿の変化もなく(岡田ら, 1992)、植物体への水分ストレスは認められなかった。土壌水分張力でみれば、地中灌水した区の土壌水分が畝間灌水より高い状態にあっても、ハウス内の相対湿度は逆に地中灌水のほうが低いことがわかった。

ミニトマトでは、暗渠排水用のコルゲート管に灌水チューブを通し、20 cm の深さに埋設した。17時から翌朝 6 時までの相対湿度は、慣行の灌水チューブ、畝面マ

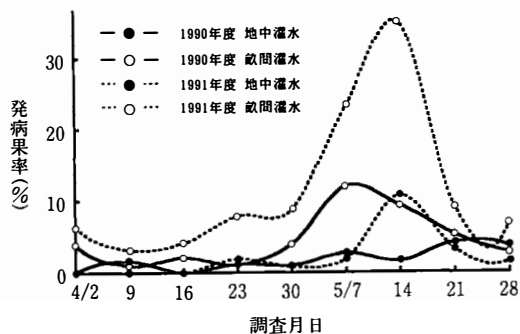


図-4 灌水方法の違いとナス灰色かび病の発生推移 (1990, 1991)

ルチより平均 6% 低く推移し、最高相対湿度は地中灌水が 92% 以下、慣行では 95% 以上であった。少発生条件下での試験であったが、灰色かび病の発生は地中灌水が慣行の灌水チューブ、畝面マルチより少なく推移した。

またミニトマトでは、多孔質ゴムチューブ(PF2を基準に灌水)も使用して収量、品質への影響をみた。いずれの地中灌水方法とも、収量は対照の 3~10% 増で、裂果率も低かった。果重や果形、糖度に差はなかった。

2 チューブ灌水とマルチ

ナスでは、チューブ灌水と全面マルチを組み合わせると、ハウス内の夜間の相対湿度は地中灌水と同程度に抑制され、対照の畝間灌水、畝マルチより 2~5% 低かった。地中灌水ほどの発病抑制効果は得られなかったが、畝間灌水、畝マルチと比較し、発病は 1/2 以下に抑えられた。

III 換気

エンドウ栽培では、冬季の曇雨天時に湿度が日中に 95% 以上、気温 $15\sim20^{\circ}\text{C}$ となり、発病に好適環境が持続する。発病を抑制するには、日中が曇雨天で低温条件でも換気が必要と考え、光センサー利用の変温換気システムを開発した。すなわち、サーモスタットを 8,000 lx 以上では 20°C 、8,000 lx 以下では 15°C に設定し、天候によって換気扇の作動温度が変わるようにした。曇雨天時における日中のハウス内の湿度は、対照のハウスより 20% 以上低下し(図-5)、葉の被害やがく枯れ症状は著しく減少した。しかし、この換気方法ではエンドウの開花始めがやや遅れたので、間欠タイマーで 3 分間に 20 秒間の割合で換気扇を作動させ、換気による気温の低下を緩和した。このシステムでも換気効果は十分であり、生育遅延もなく、発病抑制効果も高かった。

イチゴでは換気の温度設定を変えることによって、発

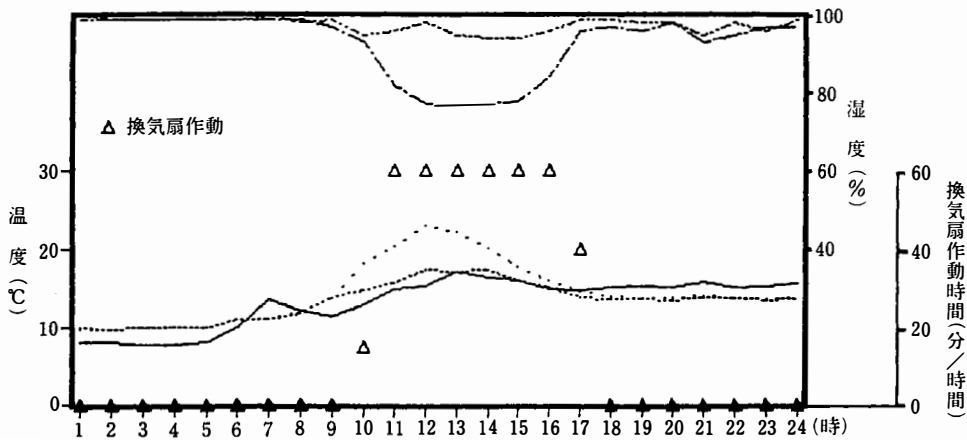


図-5 曇天日における光センサー変温換気ハウス内の温湿度変化(エンドウ)

— : 外気温, : 試験ハウス温度(15°Cで換気), --- : 対照ハウス温度(20°Cで換気)
 -.- : 試験ハウス湿度(15°Cで換気), -.- : 対照ハウス湿度(20°Cで換気)

病抑制効果が得られた。慣行の管理は20°Cで内張りを、その後の温度の上昇で外張りを開放するのに対し、除湿管理は15°Cで内張りを、20°Cで外張りを開放した。その結果、除湿管理の相対湿度は慣行管理より最大10%低く推移し、発病果率も慣行管理の1/3程度に抑制された。

IV 送風と温風

1 送風

高湿度となる夕方から翌朝まで、連続して送風すると発病が抑えられる。トマトの株全体に風が当たるように、19時から翌朝9時まで扇風機で送風した。送風時には空中の捕そく菌量は、無送風時の約2~5倍に増加するにもかかわらず、送風を10日間続けると送風区の発病果率は無送風区の40~50%に、17日間続けると28~58%に抑制した。これは、送風が植物体表面における湿度の低下や結露を妨げ、灰色かび病の感染、発病を減少させたものと推察される。

2 温風

イチゴの小型ハウス(5×30m)で、送風機のファンの口に石油ストーブまたは小型温風機(2,580 kcal)を設置すると、温度は2.0~2.5°C上昇し、相対湿度は7~8%低下した。送風する時間帯は0~3時より19~21時のほうが湿度は効率よく低下し、相対湿度が100%の状態を3時間程度中断できた。

さらに、温風処理と灰色かび病菌の伝染源となる下葉の摘除を組み合わせると、発病抑制効果は高まった。2月から3月中旬までの発病果率は対照区が1~10%であったのに対し、温風処理と下葉摘除の組み合わせ区は全く発病が認められなかった。

おわりに

以上紹介した環境制御技術は、栽培地域や作型、培土の種類、栽培管理方法、気象、施設の規模や構造など様々な条件によって、得られる効果は一様ではないし、適用性も異なる。これらの技術を利用する場合には、導入する目的や条件、経済性なども十分考慮しなければならない。一方、作物が違っても灰色かび病の発生環境は共通しているので、他の野菜や花き、果樹の施設栽培にもこれらの環境制御技術がかなり生かせるのではないかとと思われる。

発病環境の改善は灰色かび病の防除の基本であるにしても、単一の技術だけでは発病抑制に限界がある。安定して高い防除効果を得るためには、罹病組織の除去やマルチなどの基本技術に加え、他の防除方法、例えば紫外線除去フィルムの被覆(入江・西村, 1987)や花殻除去(増田・家村, 1993)、薬剤の部分散布(家村・増田, 1991; 入江, 1993)などとの複合化を図り、個々の栽培条件に適した技術の組み立てが必要である。

引用文献

- 1) 我孫子和雄(1992): 病害防除の新戦略, 全国農村教育協会, 東京, pp. 212~216.
- 2) 家村浩海・増田吉彦(1991): 関西病虫研報 33: 134(講要).
- 3) 入江和己・西村十郎(1987): 兵庫農経セ研報 35: 59~64.
- 4) ———(1993): 関西病虫研報 35: 112(講要).
- 5) 黒住 徹(1986): 今月の農業 30(11): 74~78.
- 6) 増田吉彦・家村浩海(1993): 関西病虫研報 35: 103.
- 7) 内藤文男(1988): 今月の農業 32(5): 30~38.
- 8) 岡田清嗣ら(1992): 関西病虫研報 34: 73.
- 9) 手塚信夫ら(1983): 野菜試報 A11: 105~111.

特集：施設環境制御と病害防除〔2〕

雨よけ栽培による果樹病害の防除
——特にブドウ枝膨病防除について——福岡県農業総合試験場 梶 谷 裕 二

は じ め に

近年、生産安定や早期出荷を目的とした施設栽培が多くの果樹で増加している。病害防除の面からみれば、施設栽培は雨媒伝染性の病害は防げるものの、施設内が過湿になりやすいことから、灰色かび病などの空気伝染性の病害は逆に増加する場合がある。この点、雨よけ栽培は多くの雨媒伝染性病害に対して発病抑制効果が高いうえに、施設栽培と比較して湿度が上がりにくいことから、空気伝染性の病害も増加しにくい。

このことから、病害防除を目的とした簡易な雨よけ栽培(棚上にトンネル状のビニル被覆をしたもの)が、ブドウ、ナシ等で増加傾向にある。また、他の樹種で簡易な雨よけ栽培が導入された果樹としてはキウイフルーツがあるが、採算面で成り立たなかったため、現在ではほとんど普及していない。なお、ナシにおいては輪紋病防除の目的で雨よけ栽培が普及しつつあるが、防除効果についての試験データは少ない。

そこで、本稿では雨よけ栽培によるブドウの枝膨病防除の事例について紹介したい。

I 枝膨病の発生生態と病原菌の同定に至る経過

1 病原菌の同定に至る経過

ブドウの難防除病害である枝膨病は、1970 年以降、巨峰の栽培面積の増加とともに被害が目立つようになった病害である。本病は 1982 年に、*Phomopsis* 属菌の一種により引き起こされることが初めて明らかとなり(大和, 1982)、1987 年に「枝膨病」と命名された新病害である(御厨・貞松, 1987)。また、1992 年には本病原菌の完全世代の存在が報告され、子のう菌類の *Diaporthe* 属への移行が提案されている(梶谷, 1992)。

2 枝膨病の発生生態

(1) 枝膨病柄胞子の年間溢出消長

枝膨病は新発生病害であることから、これまで病原菌

の動態については不明であった。そこで、有力な伝染源である罹病枝の下に雨水を採集する装置を設置し、柄胞子の溢出消長を調査した。その結果、感染能力のない β 柄胞子の溢出は 4 月から 11 月まで認められるのに対して、感染能力のある α 柄胞子の溢出時期はほぼ 5 月中旬から 7 月中旬に限られていることが判明した(表-1)。

(2) 枝膨病の感染時期

本病の感染時期を明らかにするため、無病のブドウ(品種：巨峰)幼木を露地の罹病樹下に一定期間暴露した。その結果、5～10 月に暴露した区で感染が認められ、特に α 柄胞子の飛散量の多い 5 月上旬～7 月中旬に暴露した区においては新梢に黒色病斑の発生が認められ、翌年の 2 年枝時には節部粗皮下に射出髄の褐変(潜伏病斑)が認められた。また、7 月下旬～10 月下旬に暴露した幼木においても潜伏病斑が認められたものの、その発生節率

表-1 ブドウ枝膨病柄胞子の時期別採集量(1990 年)

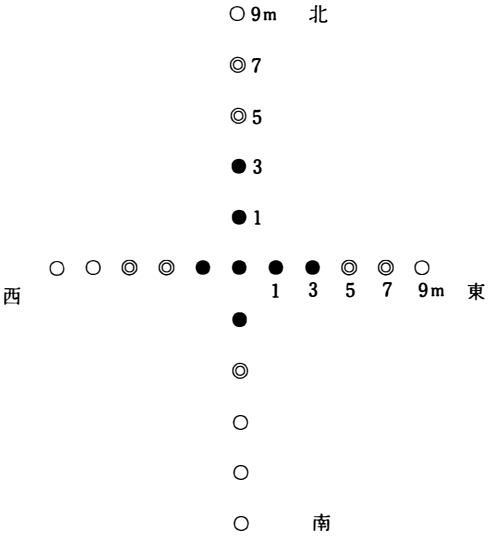
雨水採集期間	α 柄胞子	β 柄胞子	期間中の降水量(mm)	期間中の降雨日数
4.18～4.24	0	5.8	51.0	3
4.25～5.4	0	8.6	36.5	3
5.5～5.14	0	7.2	30.0	3
5.15～5.21	1.4	23.0	65.0	3
5.22～6.2	1.4	70.6	41.0	2
6.3～6.6	18.7	14.4	16.5	1
6.7～6.15	21.6	23.0	207.5	3
6.16～6.27	40.8	350.4	36.0	4
6.28～6.29	302.4	278.4	60.0	3
6.30～7.13	27.4	28.8	172.5	6
7.14～7.25	0	0	31.0	4
7.26～8.20	0	0	22.5	2
8.21～9.4	0	20.2	24.0	6
9.5～9.13	0	24.5	7.5	2
9.14～9.18	0	14.4	27.0	2
9.19～9.21	0	2.9	51.5	3
9.22～9.27	0	0	6.0	2
9.28～10.8	0	76.3	63.5	7
10.9～10.19	0	10.1	36.0	3
10.20～10.30	0	0	12.0	2

α 、 β 柄胞子数は濃縮雨水 0.1ml 当たり。
降雨日数は期間中 1mm 以上降雨のあった日数。

表-2 ブドウ枝膨病の各暴露時期別の発病状況(1992年)

暴露時期 (月日)	新梢時		2 年枝時 (1993 年 1 月調査)					
	調査 枝数	黒色 病斑 発生 枝率 (%)	調査 枝数	射出 髓の 褐変 枝率 (%)	調査 節数	射出髓の 褐変節率(%)		
						全節	10 節	5 節
4.15～ 4.30	13	0	11	0	105	0		
5.1 ～ 5.15	12	41.7	7	57.1	55	16.4	(16.4)	(14.5)
5.16～ 5.31	17	0	11	0	86	0		
6.1 ～ 6.15	15	0	11	0	66	0		
6.16～ 6.30	10	50	10	100	77	22.1	(22.1)	(16.9)
7.1 ～ 7.15	10	70	8	50	83	9.6	(4.8)	(2.4)
7.16～ 7.31	13	0	12	16.7	72	2.8	(2.8)	(0)
8.1 ～ 8.31	—	—	8	12.5	93	1.1	(0)	(0)
9.1 ～ 9.30	—	—	6	0	80	0		
10.1～10.31	—	—	11	9.1	78	1.3	(1.3)	(0)

- 1) 黒色病斑は1992年8月25日調査。
2) 射出髓の褐変枝率及び節率は1993年1月8日調査。
3) ()内は結果母枝より10節及び5節までにおける射出髓の褐変節率。



- 無発病
◎ 潜伏病斑発生樹
● 黒色病斑発生樹

図-1 ブドウ枝膨病柄胞子の飛散距離

はきわめて少なく、また、その発生部位も新梢先端に限られていた(表-2)。なお、新梢先端に発生する潜伏病斑については、冬期に切除される可能性が高いことから、あまり問題にならないと考えられる。

このことから、本病の感染時期は4月中旬～10月下旬と長期にわたっているものの、主要感染時期は5月上旬～7月中旬と考えられた。また、α 柄胞子の飛散が確認できなかった7月下旬～10月下旬に潜伏病斑が発生しているのは、ごくわずかな柄胞子の飛散により感染が成立しているものと考えている。

以上のように、本病は孢子飛散量の多い場合は新梢に黒色病斑が形成されるものの、飛散量の少ない場合は病斑は形成されない。しかし、黒色病斑の発生しないような低濃度の孢子濃度においても感染は成立し、菌は皮層下を通して節節射出髓に到達後、2～3年後に節膨れを引き起こすものと考えている。

(3) 枝膨病菌の飛散距離

本病は雨媒伝染性の病害であり、柄胞子の飛散距離はこれまで1～2m程度と考えられていた。しかし、罹病枝より7mの距離においた巨峰幼木の粗皮下に潜伏病斑が認められたことから、気象条件によっては少なくとも7mは飛散可能と考えられる(図-1)。

II 雨よけ栽培による枝膨病の耕種的防除

1 被覆除去時期と防除効果

本病は典型的な雨媒伝染性の病害であるため、ビニル

被覆により降雨を遮断する雨よけ栽培は、有効な防除法である。特に主要感染時期である5月上旬～7月下旬に降雨を遮断すると、病原菌の溢出及び飛散が完全に抑えられるため、著しい発病抑制効果が期待できると考えられた。

そこで、被覆除去時期の違いによる本病の発病抑制効果を検討したところ、1989年、1990年のように梅雨期の降雨が少ない年では、7月下旬以降まで被覆した区においては本病の発生を完全に抑制したばかりでなく、6月下旬までのビニル被覆でも高い発病抑制効果が認められた(表-3, 4)。また、1991年のような多雨年では、6月下旬までの被覆ではやや発病が多かったものの、7月中旬以降まで被覆を行うとかなり発病が抑制された。また、雨よけ栽培を2年続けて行うと相乗的に発病が抑制された(表-5)。

しかし、一般的に7月上旬以降まで被覆すると、被覆内が高温になることや日射量不足のため、果実の着色不良を引き起こすことがあるとされている。着色不良の果実は最悪の場合、市場価格が優秀品の6～7割に低下するため、紫黒色の強い果実を特色として出荷している巨峰産地では、果実の着色不良は即、大幅な収益減につながる。

このため、着色への影響が少なく、かつ枝膨病に対して効果の高い被覆除去時期を検討した。その結果、1989年の試験では、夏季の気温がやや低く、かつ日射量が多

表-3 ブドウ枝膨病に対する被覆時期別防除効果(1989 年)

ビニルの被覆時期	調査 枝数	発病 枝数 (%)	発病度
4/25～6/13	23	8.4	6.7
4/25～6/23	35	10.5	8.0
4/25～7/7	22	11.1	5.6
4/25～7/21	33	0	0
無被覆	41	38.8	22.3

調査月日：8月22日

表-4 ブドウ枝膨病に対する被覆時期別防除効果(1990 年)

ビニルの被覆時期	調査 枝数	発病 枝数 (%)	発病度
3/26～6/25	55	10.9	5.7
3/26～7/11	43	0	0
3/26～7/26	32	0	0
3/26～8/31	38	0	0
無被覆	164	79.6	57.9

調査月日：8月20日

表-5 ブドウ枝膨病に対する被覆時期別防除効果(1991 年)

ビニルの被覆時期	雨よけ 連用年数	調査 枝数	発病 枝数 (%)	発病度
3/26～6/27	初年目	47	59.6	44.3
	2年目	40	32.5	14.5
3/26～7/5	初年目	45	44.4	24.0
	2年目	48	10.4	5.4
3/26～7/11	初年目	57	14.0	5.6
	2年目	55	0	0
3/26～7/24	初年目	48	4.2	0.8
	2年目	42	0	0
無被覆	—	100	98.0	89.2

調査月日：8月21日

かったため、6月下旬、7月下旬、8月下旬除去区とも、着色に差は認められなかった。しかし、1990年の試験では、夏季の異常高温のため、6月下旬に除去した区と比較して、7月下旬、8月下旬除去区では着色がかなり不良となった(表-6)。これについては、今後、長期間被覆を行っても果実の着色に影響を及ぼさない被覆資材の探索及び開発が必要であると考えている。

このように、年によって被覆除去時期による果実品質(着色)への影響が異なるため、福岡県では安全を考えて6月下旬の除去を指導している。前述のように、枝膨病防除の面からはできるだけ遅い時期までの被覆が望まし

表-6 被覆除去時期の違いがブドウ果実品質に及ぼす影響

調査年次	ビニル除去日	房重	1果粒重	着色	糖度	酒石酸
1989	6月28日	273.5	11.6	7.3	17.4	0.59
	7月20日	279.1	11.6	7.8	18.7	0.51
	8月28日	303.2	10.2	7.6	18.5	0.55
1990	6月20日	302	10.15	9.0	17.9	0.63
	7月20日	296.8	10.98	6.4	16.4	0.64
	8月20日	343	11.73	5.7	16.5	0.65

表-7 現地試験圃場における殺菌剤散布回数と
ブドウ枝膨病の発生状況(1991 年)

試 験 区	総散布 回 数 (回)	黒色病斑 発生枝率 (%)	発病度
慣 行 区	16	10	4.2
雨よけ+ 薬剤散布区	3	5.2	2.7

被覆除去日：7月16日、調査月日：8月23日

いわけであるが、果実品質の面からは6月下旬の被覆除去が要求されるというジレンマがある。

また、雨よけ栽培を行っても年によって枝膨病の発生や果実品質への影響に差が認められることから、次にビニル除去後に薬剤散布を組み合わせることによる本病の総合的な防除技術の確立を試みた。1991年に雨よけ栽培と薬剤防除(被覆除去後のみ)を組み合わせた実証区と露地慣行防除区を設け、両区の総散布回数(殺菌剤のみ)と防除効果を検討したところ、実証区は露地慣行防除区の約1/5の散布回数で、枝膨病に対して高い防除効果が得られた(表-7)。

2 雨よけ栽培における他の重要病害の同時防除効果

ブドウ栽培においては、雨よけ栽培を行うことによって、他の重要病害も同時に抑えられるという利点もある。1991年は異常な多雨年であったため、黒とう病やべと病が多発したが、このような多雨年でも、雨よけ栽培を行った圃場では黒とう病、べと病に対して高い発病抑制効果が認められている(表-8、9)。

これは黒とう病やべと病も雨媒伝染性の病害であることから、雨よけをすることによって枝膨病との同時防除が可能であることを示唆している。

このように、ブドウ栽培においては雨よけによって枝膨病、黒とう病及びべと病などの重要病害を対象とした薬剤防除が軽減できることから、かなりの散布回数の低減が可能となる。

表-8 各作型におけるブドウ黒とう病の発生推移(1991年)

調査地点	作 型	発 病 葉 率 (%)					
		5月3半旬	5月6半旬	6月3半旬	6月6半旬	7月3半旬	7月6半旬
福岡市 金武	露 地	1.5%	0 %	0.6%	2.4%	36.0%	23.6%
福岡市 今宿	〃	3.8	24.8	27.5	34.3	57.8	75.6
田主丸町 石垣	〃	0	0	0.6	11.5	16.0	13.4
浮羽町 朝田	〃	0	0.8	1.1	3.0	6.1	4.3
川崎町 宮上	〃	0.3	4.7	4.4	2.9	15.1	15.9
飯塚市 相田	トンネル	0	0	0	0	0.5	0

数値は1991年度病害虫防除所発生予察年報より

表-9 各作型におけるブドウべと病の発生推移(1991年)

調査地点	作 型	発 病 葉 率 (%)					
		5月3半旬	5月6半旬	6月3半旬	6月6半旬	7月3半旬	7月6半旬
福岡市 金武	露 地	0 %	0 %	0.3%	2.4%	1.7%	0.8%
福岡市 今宿	〃	0	0	0	11.4	2.9	19.9
田主丸町 石垣	〃	0	0	0	0.3	16.2	27.1
浮羽町 朝田	〃	0	0	0	2.7	46.1	68.3
川崎町 宮上	〃	0	0	0	0	1.1	31.0
飯塚市 相田	トンネル	0	0	0	0	2.5	2.2

数値は1991年度病害虫防除所発生予察年報より

3 福岡県におけるブドウの雨よけ栽培の普及状況

現在のところ、福岡県におけるブドウ(品種:巨峰)の雨よけ栽培の普及率は2〜3割にとどまっている。その原因として、雨よけ栽培では資材費が10a当たり約60万円ほどかかること、早期出荷による販売価格上昇のメリットがないこと、果実の着色不良への危惧などが考えられる。しかしながら、ブドウの雨よけ栽培は開花期の降雨にさらされないことから果実の結実安定が図れることや、各種病害に対する防除効果が高いため農薬散布回数の低減が可能となるなど、生産安定や減農薬農産物に対する消費者ニーズ等を考慮すると、十分普及性のある栽培法と考えられる。

お わ り に

近年、環境保全型農業の確立が各地で叫ばれているが、ブドウの雨よけ栽培は散布回数の低減が図れることから、まさにそれに合致した栽培法であるといえる。ブドウは元来、乾燥地帯が原産の果樹であることから、雨よけで栽培することのほうがブドウにとって自然な状態

であるのではないかと。また、このように果樹本来の原産地の気候風土に近い状態で栽培を行えば、現在のように農薬の依存度が高い栽培体系を組まなくてもすむように思われる。

また、ブドウの雨よけ栽培推進上、必ず問題となる果実の着色不良についてであるが、果実の着色以外の品質である糖度や酸の点ではほとんど問題がないので、被覆除去時期を梅雨明けまで延長できないかと考えている。もしこれが可能であれば、さらに農薬散布回数の低減が可能となり、農家の労力省力化、薬剤費の節減の面からも有効な方法と考える。ただ、これには果実の外観(着色不良)重視の傾向を改善するように、消費者及び流通関係者の理解を得る方策を考える必要がある。

引 用 文 献

- 1) 梶谷裕二・山中正博(1992):日植病報 59:56.
- 2) ———ら(1991):福岡農総試研報 11:97~100.
- 3) 御厨秀樹・貞松光男(1987):日植病報 53:378.
- 4) 大和浩国(1982):日植病報 48:118.

特集：施設環境制御と病害防除〔3〕

養液栽培の培養液管理による根部病害の防除

千葉県農業試験場 竹 内 妙 子

はじめに

養液栽培の歴史は浅く、実用的な栽培が始まったのはおよそ50年前のことである。我が国では昭和30年代にれき(礫)耕栽培が実用化し、昭和40年には15haの栽培が行われるようになった。昭和44年ごろから水耕の実用的なプラントが開発され、昭和50年の栽培面積は105haとなった。その後、NFT(Nutrient Film Technique, 薄膜水耕法)、ロックウール(Rockwool)栽培の導入により、平成3年の栽培面積は474ha(野菜410ha, 花き64ha)に達している。これは野菜及び花きの施設栽培面積全体の約0.8%に当たる。

養液栽培の普及で、ネックとなるのは経済性、栽培管理の困難さと、根部病害の発生である。本来、土壌病害からの回避が、その導入の目的の一つであったにもかかわらず、実際には根部病害の発生が絶えない。養液栽培の根部病害を回避するには、病原菌を施設内に持ち込まないことと、病原菌の繁殖を防止する環境、病原菌の感染防止のための圃場管理が重要である(ZINNEN, 1988)。養液栽培は、土耕栽培に比べて、ある意味で根圏環境を制御しやすい。そのため、培養液を調整することによって病害の発生を抑制することも可能である。ここでは、培養液管理によって根部病害を制御する方法について取りまとめた。

I 養液栽培の様式

養液栽培の様式は、作物の根を支持する物の有無から固形培地方式と非固形培地方式に大別され、固形培地方式の中に砂耕、れき耕、ロックウール耕などが、非固形培地方式の中に水耕、噴霧耕などが含まれる。水耕は湛液型とNFTに分けられる。野菜では湛液型が栽培面積の54%を占め、次いでNFTが21%、ロックウール耕が18%となっており、花きではロックウール耕が72%となっている(平成3年)。作物としてはミツバ、トマト、サラダナ、ネギが上位を占めているが、そのほか、多くの作物が栽培されている。それぞれの栽培様式によって培養液量は異なり、発生する病害も異なっている。

II 養液栽培で発生する根部病害

養液栽培で発生する病害は様々であるが(鈴木・森田, 1964; JENKINS and AVERRE, 1983; 森田・手塚, 1986)、代表的な例として、ミツバ根腐病(*Pythium aphanidermarum*, *P. apleroticum*, *P. sp.*)、トマト根腐病(*P. aphanidermatum*, *P. myriotylum*, *P. dissotocum*)など *Pythium* 属菌によるもの、キュウリ疫病(*Phytophthora melonis*, *P. nicotianae* var. *parasitica*)、トマト灰色疫病(*P. capsici*)、根腐疫病(*P. drechsleri*)など *Phytophthora* 属菌によるものが挙げられる。いずれの菌も罹病植物上で形成された遊走子が培養液中に放出され、培養液を伝って病原菌が装置全体にまん延する。トマト青枯病(*Pseudomonas solanacearum*)も同様に培養液を伝ってまん延する。しかし、ミツバ立枯病(*Rhizoctonia solani*)はパネルに付着した菌核が主要な伝染源で、これが基で周囲の株に広がっていく。ロックウール栽培ではトマト根腐萎ちよう病(*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*)が全国的に発生しており、花き類でも *Fusarium* 属菌による病害の発生が認められている。

III 養液栽培における培養液管理

養液栽培の培養液は多量要素のN(チッソ)、P(リン)、K(カリウム)、Ca(カルシウム)、Mg(マグネシウム)、S(イオウ)と、Fe(鉄)、B(ホウ素)、Mn(マンガン)、Zn(亜鉛)、Cu(銅)、Mo(モリブデン)の微量元素で構成され、培養液処方は園試標準処方(堀, 1963)を中心に作物や栽培時期、生育ステージなどによって、様々な工夫されている。培養液の全塩の濃度は電気伝導度(EC)とほぼ比例関係にあるので、実際にはそれぞれの処方を基に濃度管理をEC値で行う場合が多い。

培養液のpHは一般に5.5~6.5がよいとされ、5.0~7.0の範囲であれば多くの作物で正常な生育をする。pHを下げるためには硫酸(H_2SO_4)やリン酸(H_3PO_4)などが、pHを上げるためには水酸化ナトリウム(NaOH)や水酸化カリウム(KOH)などが用いられる。

培養液の温度(根温)はトマトでは21~24°C、ミツバでは18~22°Cが最適であるとされ、作物によって多少異なるが、おおむね20°C前後である。生育適温に管理するために、培養液を加温したり、地下水やチラーで冷却する。

Control of Root Diseases in Nutrient Solution.

By Taeko TAKEUCHI

IV 培養液管理による病害防除

1 塩類濃度の調整

ミツバ根腐病(*Pythium* sp.)及びハウレンソウ立枯病(*P. butleri*)は、培養液濃度を2濃度(=2単位=EC4.8 mS/cm)以上にするによって発病を抑制することができた(表-1)(草刈ら, 1980; 草刈・田中, 1986; 草刈, 1992)。これは高濃度の培養液中では遊走子の被のう化が速やかに起こり、その結果、宿主根への走性が失われるためであるとされている。ミツバでは夏期に根腐病が多発しやすいため、実際にもECを高く管理している圃場が多い。

トマト青枯病でも培養液濃度が高い(EC3.6 mS/cm)とき、発病がある程度抑制された(図-1)。その原因の一つに、高い培養液濃度では栄養条件がよいため、病原菌の病原性が喪失しやすいことが考えられた(竹内, 1991)。

宮田ら(1975)は、*Phytophthora capsici*の遊走子のうの遊走子型発芽や遊走子の遊泳力は K^+ で阻害され、草刈ら(1980)は、*Pythium* sp.は Ca^{2+} で遊走子形成が阻害されるとしている。一方、森田(1966)は、*Phytophthora fragariae*の遊走子形成は Ca^{2+} 、 K^+ 及び NO_3^- で促進されたとしており、病原菌の種類によって必ずしも一定の傾向を示さないようである。

表-1 水耕培養液濃度と水耕ミツバの根腐病の発生(草刈, 1992)

水耕培養液濃度(単位)*	発病率(%)	培養液中の遊走子**
1/8	96.7	+
1/4	76.7	+
1/2	40.0	+
1	26.7	+
2	0.0	-
蒸留水	73.3	+

*: 園試興津処方の均衡培養液の濃度、標準を1単位とした。

** : + : 遊走子が検出された, - : 遊走子が検出されない。

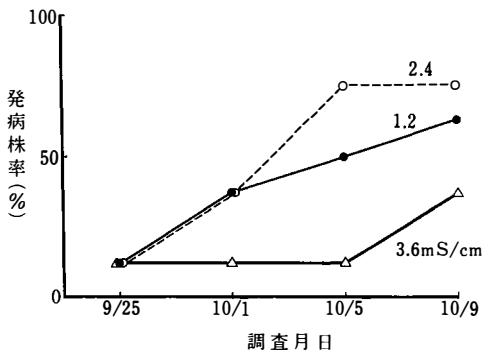


図-1 養液栽培における培養液のEC(mS/cm)とトマト青枯病の発生との関係(9月19日に病原菌を接種)

2 pHの調整

培養液のpHは原水や塩類組成、作物などで異なってくるが、一般に5.5~6.5で管理されている。一方、病原菌もそれぞれに生育に適したpHがある。細菌類は概して酸性側での生育は抑制されるが、トマト青枯病菌もpH6~8でよく生育し、最適はpH6.6であるとされている。そこで、pHを変えてトマトを栽培したところ、pH5.58ないしpH6.43前後で栽培した区で多発し、pH4.12前後で栽培した区での発病は少なかった(ただし、pH4.12前後で栽培した区のトマトの生育はやや抑制され、無発病の栽培槽からも病原菌は検出された)(表-2)。

キュウリ疫病の遊走子のうはpH4~7で正常に形成され、また、本病はpH4~6で100%発病が認められた(森田ら, 1986)ことから、本病の場合はpHの調整による防除は困難であると考えられた。

3 培養液の温度管理

養液栽培では一般に気温の低い時期の根部病害は少ないが、高温となる夏期にその発生が多い。土耕栽培では地温を積極的に低下させることは困難であるが、養液栽培では、地下水やチラーなどによってある程度培養液の温度を低下させることができる。トマト青枯病は代表的な高温性の病害で、地温が23~24℃以下では発病しないといわれている。そこで、培養液の温度を20, 25, 30℃に調整した恒温水槽でトマトを栽培したところ、20℃では全く発病が認められなかった(図-2)(竹内, 1991)。

Pythium 属菌による根腐病はその発生時期により病原菌が異なるが(草刈, 1987)、高温性の *P. aphanidermatum* などが病原菌である場合は水温の低下による発病抑制が期待できる。

4 培養液の殺菌

培養液中の病原菌を殺菌する試みは数多くなされてきた。紫外線による殺菌効果は病原菌の種類によって異なり、細菌類には比較的弱い線量で効果がある(木下・家村, 1987)が、*Fusarium oxysporum*、*Pythium* 属菌などの糸状菌ではより強い線量が必要である(草刈, 1990)。実際の防除では紫外線ランプを防水した石英管に入れ、その周囲に培養液を流す方法(宮田ら, 1975; 長江ら, 1980)、紫外線ランプを直接培養液中に挿入する方法(草

表-2 養液栽培における培養液のpHとトマト青枯病の発生との関係

pH(平均値±標準偏差)	発病株率(%)			
	6月23日	6月29日	6月30日	7月2日
4.12±0.37	0	0	12.5	25.0
4.81±0.35	0	12.5	37.5	75.0
5.58±0.16	37.5	87.5	100	100
6.43±0.16	0	37.5	87.5	100

病原菌の接種: 6月16日。

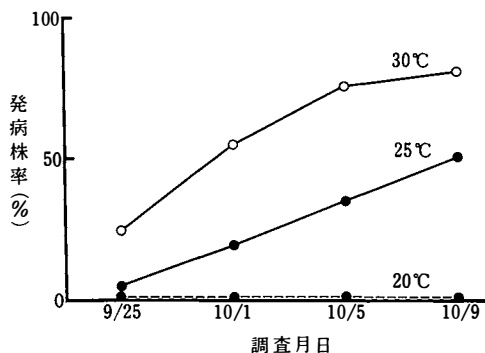


図-2 養液栽培における培養液の温度とトマト青枯病の発生との関係(9月19日に病原菌を接種)

刈, 1990) などがある。

オゾンはその強い酸化力で殺菌効果を示すが、同時に培養液成分の酸化、植物体への影響、環境への影響を考慮する必要がある。*Pythium aphanidermatum* によるキュウリ、トマトの根腐病に対してオゾン水の還流による効果が認められている(草刈ら, 1992)。

紫外線と空気を反応させてオゾンを発生させることにより、紫外線とオゾンの併用効果をねらった装置が開発され(青山ら, 1988), これはミツバ根腐病、トマト青枯病に対して優れた効果を示した(表-3, 図-3)が、トマトでは石灰欠乏や鉄欠乏症などの障害が発生しやすい(竹内ら, 1989; 竹内・宇田川, 1992)。

ウイルスを除く多くの病原菌は70°C程度に数分間加熱すると死滅する。加熱殺菌装置を利用したロックウール栽培や NFT での実用化試験が行われ(RUNIA et al., 1988; 田中ら, 1992; 竹内・宇田川, 1992, 1993), トマト青枯病, ミツバ根腐病で高い防除効果が認められた(表-3, 図-3)。

このほか、ろ過器を利用した防除、拮抗微生物による防除(宮田・佐藤, 1990; LEMANCEAU and AIABOUVETTE, 1991; 駒田ら, 1993)も試みられている。

以上のように、一部の病害は培養液濃度や pH, 培養液温などの管理で防除できることが明らかとなった。しかし、個々のイオンの影響など、まだ未解明の点も多い。現在、養液栽培で根部病害が発生したときの最も有効な手段は培養液の交換とされているが、経費や手間の問題以外に、環境への負荷という意味でも避けなければならない。現在開発されている殺菌装置は、コストや能力などの点で問題も多く、実用化に向けてさらに試験を積み重ねていく必要がある。

根部病害の発生は、培養液などの管理上のトラブルが引き金になって発生することが多い。基本的な管理を怠らないことが根部病害回避の最大のポイントであるかもしれない。

表-3 加熱殺菌装置及び紫外線・オゾン併用殺菌装置によるトマト青枯病の防除

殺菌装置	チャンネルにおける接種株の有無 ^{a)}	発 病 株 率 (%)			
		9月17日	10月9日	10月31日	11月18日 ^{b)}
加熱殺菌装置	有	38	54	62	85
	無	0	0	0	0
紫外線・オゾン併用殺菌装置	有	31	77	77	77
	無	0	0	0	8
無処理	有	54	69	85	100
	無	8	46	85	100

a): 図-3 のように二条チャンネルのうち片側のチャンネルの中央1株に病原菌を接種。有: 接種株を含むチャンネル, 無: 接種株を含まないチャンネル

b): 地際部の茎の導管褐変率

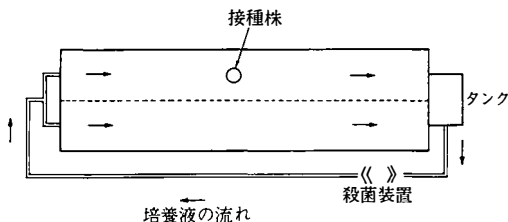


図-3 トマト青枯病防除試験のシステム

引 用 文 献

- 1) 青山博一ら(1988): 日植病報 54: 412~413.
- 2) 堀 裕(1963): 農及園 38: 863~866, 1009~1012, 1147~1150.
- 3) JENKINS, Jr. S. F. and C. W. AVERRE (1983): Pl. Dis. 67: 968~970.
- 4) 木下繁慶・家村浩海(1989)と歌山県農試研報 13: 7~14.
- 5) 駒田 旦ら(1993): 日植病報 59: 315.
- 6) 草刈眞一ら(1980): 関西病虫研報 22: 12~16.
- 7) ———・田中 寛(1986): 日植病報 52: 1~7.
- 8) ———・————(1987): 関西病虫研報 29: 31~34.
- 9) ———(1992): 病害防除の新戦略, 全農教, 東京, pp. 217~225.
- 10) ———ら(1992): 大阪農技セ研報 28: 13~18.
- 11) LEMANCEAU, P. and C. AIABOUVETTE (1991): Crop Protection 10: 279~286.
- 12) 宮田善雄ら(1975): 日植病報 41: 268.
- 13) ———・佐藤隆志(1990): 同上 56: 406.
- 14) 森田 偉(1960): 静岡農試報 12: 97~103.
- 15) ———・手塚信夫(1986): 農及園 61: 229~235.
- 16) 長江春季ら(1980): 三重農技セ研報 8: 36~40.
- 17) RUNIA, W. Th. et al. (1988): Neth. J. Agric. Sic. 36: 231~238.
- 18) 鈴木春夫・森 喜作(1964): 農及園 39: 1839~1843.
- 19) 竹内妙子ら(1989): 日植病報 55: 488.
- 20) ———(1991): 同上 57: 435~436.
- 21) ———・宇田川雄二(1992): 同上 58: 604~605.
- 22) ———・————(1993): 同上 59: 322.
- 23) 田中和夫ら(1992): 生物環境制御 30: 17~22.
- 24) ZINNEN, T. M. (1988): Pl. Dis. 72: 96~99.

特集：施設環境制御と病害防除〔4〕

根域隔離栽培による土壌病害の防除

農林水産省野菜・茶業試験場 ^{うえ} ^{はら} ^{よう} ^{いち}
上 原 洋 一

はじめに

施設栽培では施設が固定化し、連作が行われやすく、土壌病害が多発している。筆者の所属する研究室はトマト青枯病の激発する温室圃場をもち、近くのトマト施設栽培農家も青枯病対策に苦慮している。ある栽培者は、丸玉トマトから青枯病に多少とも強いミニトマトに転換し、定植時期を通常の9月上旬から病気が起こりにくくなる10月上旬に遅らせ、夏場には太陽熱消毒を実施している。それでも病気は増える傾向にあるということである。幼苗接木が普及しつつあり、農協の共同利用施設で病害抵抗性台木を用いた接木苗生産を行っているところもある。しかし、接木は手間とコストがかかり、最後の手段としたいという栽培者の声を聞いている。

トマト青枯病の激発圃場では、土壌消毒を行っても完全防除は困難である。青枯病菌は水に乗って移動しやすく、消毒効果の及ばない下層土まで移動し、そこで生存し続けるからである。このような青枯病を効果的に防除するためには、何らかの方法でトマト根を土壌深部の病原菌から隔離する必要があると考えた。そこで目をつけたのが、水は通すが根は通さず、土中で劣化しにくいという性質をもつ化学繊維布である。この布(遮根シートと呼ぶ)を作土の下に敷いた栽培ベッドを設置し、作土を太陽熱で消毒し、作付けをするという根域隔離栽培法を試みた。その結果、顕著な防除効果が認められた。この栽培法は、他の土壌病害防除についても検討され、効果が認められている。まだ検討すべき点が残されている方法であるが、以下に紹介し、参考に供したい。

I 遮根シート栽培ベッドの設置方法

1 遮根シート

「遮根シート」は、新たにつけた一般名称である。使用したのは、東洋紡績社製の商品名「防根・透水シート」である。本製品は、ポリエステル長繊維を束にしてわずかによりをかけた糸を縦糸と横糸とした平織りの布である。孔隙の大きさは $30\mu\text{m}$ 以下で、トマトの根を通さない細かさである。高温、薬剤耐性が強いため、蒸

気、化学薬剤消毒に耐える。また、虫、カビには完全な抵抗性がある。ただ、紫外線の長期間暴露で劣化するため、直射日光を受ける箇所は覆いをする必要がある。

2 遮根シート栽培ベッドの設置方法

遮根シート栽培ベッドは、長年のトマト連作で青枯病激発圃場となった温室内枠試験圃場に設置した。その大きさは、既設の枠試験区に合わせて、幅105cm、長さ170cmとした。まず作土層を深さ25cmまで掘り取り、脇に置いた。四周はさらに深く40cmまで溝を切り、高さ40cmの木枠をはめた。底土をならした後、枠内の底面と側面を完全に覆うように遮根シートを敷いた。幅が125cmの遮根シートをシリコン系コーキング剤で張り合わせて、幅広のシートとして用いた。最後に、脇へのけて置いた作土を枠内の遮根シート上へ戻して設置が完了する(図-1,2)。

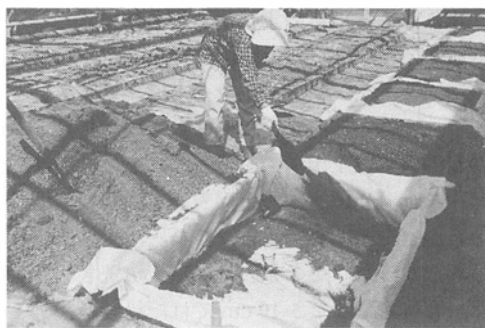


図-1 遮根シート栽培ベッドの設置
遮根シートの上に作土を戻せば設置完了である。

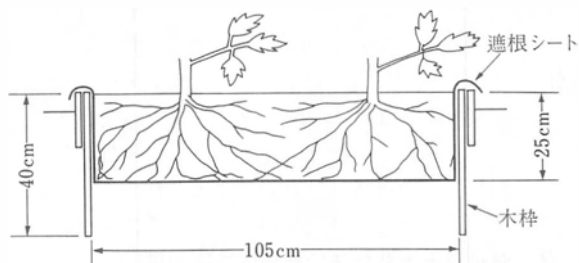


図-2 遮根シート栽培ベッドの構造(断面図)

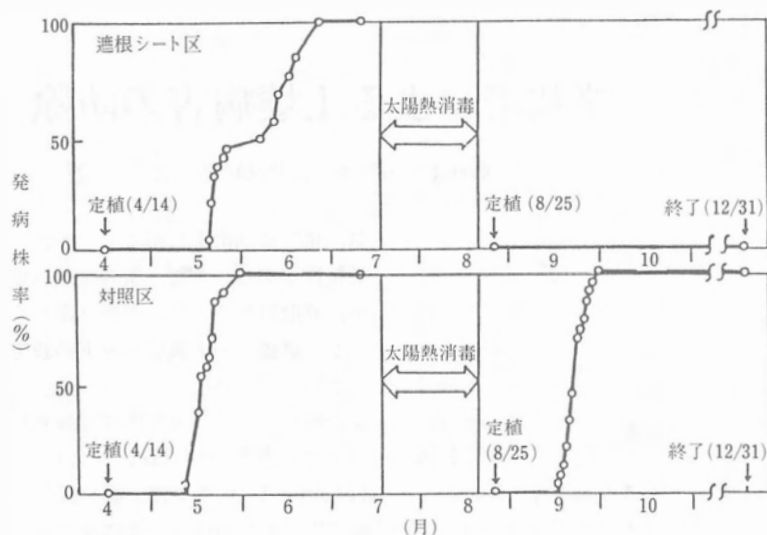


図-3 遮根シート区と対照区のトマト青枯病発病株率の推移

II 遮根シート栽培法のトマト青枯病防除効果

遮根シート栽培ベッド設置後、まず無消毒でトマトを1作して発病状況を調べ、その後に、太陽熱土壌消毒を行ってから、遮根シート栽培法の効果を調べる本試験を実施した。

1 太陽熱土壌消毒の青枯病菌殺菌効果

試験区設置後、土壌消毒を行わず、1987年4月に定植して栽培したトマトは、遮根シート区、対照区とも6月下旬までに全株が発病した(図-3)。次いで7月下旬から約1か月間太陽熱土壌消毒を行った。その方法は、土壌を耕起後、十分に灌水し、土壌表面を透明ビニルシートで覆い、温室を密閉して行った。石灰窒素、稲わらの添加は行わなかった。この年の夏は晴天が続き、高地温となった。最高地温は深さ10 cmでは記録計のスケールを超えて50℃以上となり、深さ20 cmでは46℃、深さ30 cmで43℃、深さ50 cmでも40.5℃となり、消毒のために必要とされる40℃以上の地温が達成された。消毒効果の目安とされる40℃以上の積算時間数は深さ10 cmでは470時間に達し、深さ50 cmでも120時間を数えた。選択培地(原・小野, 1984)を用いて青枯病菌を計数したところ、太陽熱消毒前には深さ40 cmまでの全土層にわたって土壌1 g当たり $10^3 \sim 10^4$ オーダーの菌数が存在したのに対して、消毒後には全層で検出されなくなり、太陽熱土壌消毒による青枯病菌殺菌効果が確認された。

2 遮根シート栽培法の青枯病防除効果

太陽熱消毒完了後、8月末にトマトを定植し、12月に



図-4 遮根シート栽培によるトマト青枯病防除効果
手前の対照区は全株が枯死したのに対して、奥の遮根シート区は全株が健全に生育した。

かけて栽培した。栽植密度は55 cm×43 cmで、1区に8株植えた。その結果、対照区では定植後2週間目ごろより発病し、9月末までに全株が発病した。収穫は皆無であった。太陽熱消毒だけではトマト青枯病を回避できないことを示す結果であった。これに対して、遮根シート区では無発病で経過し、試験を終了した12月末に至るまで、3反復で合計24株のトマトはすべて健全であった(図-3, 4)。遮根シート栽培法は青枯病防除に効果のある

ことが示された。

Ⅲ 粗孔隙層併設による病害防除効果の向上

1 遮根シート区での発病とその原因

翌1988年4月に2作目のトマトを定植した。今回は消毒を行わず、遮根シート栽培の病害防除効果の持続性を調べることを目的とした。対照区では5月中旬に全株が発病して収穫は皆無であったのに対して、遮根シート区では長期間無発病で経過したが7月上旬に至り発病し、試験終了時には50%の発病率となった(図-5)。しかし、初期の発病が免れたため8割程度の収穫は得られた。

遮根シート区の2作目における発病の原因としては、①脇芽かきの時などに起こる人為的感染、②隣接する発病区からの病原菌汚染水の侵入(横からの感染)、③下層からの病原菌汚染水の上昇(下からの感染)、が挙げられる。このうち①、②には十分注意したので可能性は低く、③の可能性が最も高いと考えられた。

2 粗孔隙層の併設による防除効果の向上

下からの感染の原因となる毛管水の上昇を防ぐため、遮根シートの下に粗孔隙層を設ける方法を試みた。粗孔隙層資材としては、砂利または三層布を用いた。三層布は二枚のポリエステル布の間に太いポリエステルフィラメントを縦織りして製造した厚さ8mmの、一種の布である(東洋紡績社製)。処理区は、粗孔隙層の厚さの分だけ余計に土層を深く掘り取り、厚さ約5cmの砂利層、あるいは三層布を置いた後、遮根シートを敷き、作土を戻して設置した。この処理区は1988年3月に設置し、作土の太陽熱消毒は不可能であるので、蒸気消毒を実施した。

4月にトマトを定植した。この試験は前出の遮根シート栽培の2作目と同時期に実施した。前述したように、遮根シートのみの区では栽培後期に発病したのに対して、粗孔隙層を併設した二区では7月中旬の試験終了時まで完全に無発病であった(図-5)。粗孔隙層の併設で病

害防除効果が著しく高まることが示された結果である。

粗孔隙層併設区では、その後もトマトを連作したが、前記の栽培に引き続く8月からの抑制栽培、翌89年の早熟栽培と抑制栽培の2年間、4作にわたって完全に無発病で経過した。この間、土壤消毒は行っていない。粗孔隙層併設の効果は高く、かつ持続することが確かめられた。

Ⅳ 遮根シート栽培法のさらに検討すべき事項

1 病害の効果的防除のために

栽培後に遮根シートを点検したとき、根がシートを貫通しているのが観察されたことがある。敷設時の微細損傷等によると考えられる。その危険性を減らすため、シートは二重敷が望ましい。なお、カーネーションでは根がシートを透過しやすい性質があるなど、作物ごとに、まずこの点を点検しておく必要がある。

粗孔隙層併設の効果については前述したが、粗孔隙層資材として何を使うか、さらに検討の余地がある。砂利を圃場に入れるには抵抗感がある。三層布は材質としては優れているが、高価格である。ほかにもみながら、廃プラスチック製品等の利用も考えられよう。

2 作業性、収量、品質の向上のために

遮根シート栽培法では、病気を防ぐだけではなく、作業がしやすく、収量と品質が確保されなければならない。

作業性、栽培しやすさからいえば、土層は厚いほどよい。試験では25cmとしたが、太陽熱消毒の効果が40cm以深にまで及んでいたことからすれば、土層の厚さ35cmまで可能ではないかと思われる。このくらい深ければ、ベッド方式ではなく、遮根シートを温室内全面に敷き詰め、通常の土耕栽培を行うことが可能ではないかと思われる。

土壌量が限られているだけに、土がよくなければならない。有機、無機の土壤改良資材の添加により土壌の質の向上を図る必要がある。なお、遮根シートの直上にバーク堆肥等の粗大有機物層を置くことが望ましいと思われる。繊維強化プラスチック製プランターを使う全農ドレンベッド栽培では、底部にバーク堆肥層を置くことが推奨されている。

遮根シート栽培法では、施肥・灌水法も通常の土耕栽培とは異なってくる。追肥の割合を多くし、灌水は頻繁に行う必要がある。これらに関してはさらに検討する必要がある。

以上に述べたうちの構造上の改良点を図示すれば図-6のようになる。

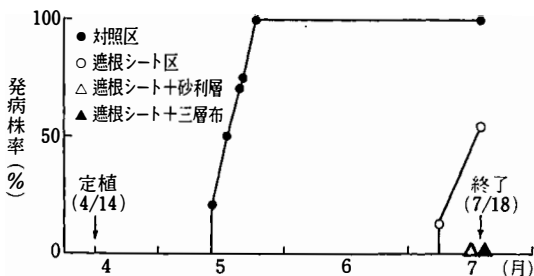


図-5 遮根シート区2作目及び粗孔隙層併設区のトマト青枯病発病株率の推移

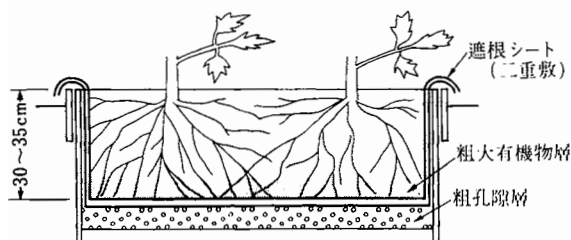


図-6 遮根シート栽培ベッドの改良法 (断面図)

V 遮根シート栽培の試験例

遮根シート栽培法に関して、いくつかの試験が行われている。茨城県猿島町では、トマト土壌病害(萎ちょう病、青枯病等)の防除を目的とした。遮根シートの上に土壌を30 cmの厚さに盛り上げ、太陽熱消毒を実施した後、トマトを栽培したところ、太陽熱単用処理区と比較して、①根量が多く、根の褐変がない、②地上部の生育が適度にコントロールされ、地上部病害も少ない、という利点が認められた。実証農家の話では、収量は同程度で、果実はやや小玉だが、糖度が高まり、異常果が少なく、品質は向上したとのことである(岡田, 1990)。千葉県山武郡ではハウス抑制型のトマト栽培で問題となっている青枯病を対象とした。発病株率は、無処理区では21.3%であったのに対して、遮根シート区では0%で、高い防除効果が認められた(加藤ら, 1990)。野菜・茶業試験場久留米支場では、トマト及びナス青枯病の総合防除の研究で遮根シート処理を行い、いずれの作物についても高い防除効果が示された(小林, 1992)。

遮根シート栽培法は、トマト青枯病だけではなく、他作物、他病害へも応用が可能と考えられる。和歌山農試と神奈川園試では、ともにカーネーション萎ちょう細菌病防除を目的とした。和歌山農試では、土壌の深さ25 cmのところに三層布と遮根シートを重ねて敷いた処理区を設け、クロルピクリン消毒を行った後、栽培した。定植3か月後の発病株率は、クロルピクリン単用処理区で48.8%であったのに対して、遮根シート区では5.6%と低く病害抑制効果が認められた(家村, 1990)。野菜・茶業試験場久留米支場では、キャベツ萎黄病防除のため、遮根シートで作った小袋にキャベツ苗を入れ、それ

を定植する方法を検討した。その結果、対照区では枯死株率が80~100%であったのに対して、遮根シート小袋区では、それが20%程度と低く、効果が認められている(小林, 1991)。

病害防除効果の認められなかった事例もある。神奈川園試では、トマト根腐萎ちょう病防除を目的として、遮根シート栽培を行ったが、防除は困難であった(藤原, 1990)。その理由は、本病原菌が風媒伝染するためと推定される。

おわりに

遮根シートを土の下に敷いて、作物根を病原菌が住みついている下層から隔離する栽培法により、難防除病害といわれるトマト青枯病を効果的に防除することができた。遮根シートの下に粗孔隙層を置けば、さらに効果が高まった。他作物、他病害の防除にも応用できることがいくつかの試験例から示唆された。この方法の利点は、効果に加えて、使用資材が安価であることである。多量の土を動かす作業が伴うことがネックであるが、これも小型バックホー等の機械を使えば解決できると思われる。

本方法はドレンベッド栽培のような完全隔離ではなく、いわば半隔離の栽培法である。粗孔隙層を併設すれば隔離の程度は向上するが、それでも設置場所の立地、土壌の性質、作物の種類、病害の種類等によって効果が異なってくる可能性がある。個々の場所で検討が必要であろう。土壌病害防除のため、4~5年でハウス内の土壌をすっかり入れ換えている野菜栽培地帯があり、土取り場がしだいになくなりつつあるとも聞く。このような場所が遮根シート栽培法を導入する一つの候補地ではないだろうかと考えている。

引用文献

- 1) 藤原俊六郎(1990): 神奈川園試環境関係試験研究成績書, 3~4.
- 2) 原 秀紀・小野邦明(1984): 植物防疫 38: 76~79.
- 3) 家村浩海(1990): 近畿中国農業試験概要集, 病害編 6-1-14.
- 4) 加藤浩生ら(1990): 関東東山病虫研報 37: 69~70.
- 5) 小林紀彦(1991): 九病虫研会報 37: 9~14.
- 6) ———(1992): 九防協年報 1991 39~58.
- 7) 岡田新生(1990): 圃場と土壌 22: 100~105.

イネ萎縮ウイルスの全遺伝子構造

北海道大学農学部生物資源科学科植物ウイルス病学菌学講座 うえ だ いち ろう
上 田 一 郎

はじめに

イネ萎縮ウイルス (RDV) は約 65 nm の球形ウイルスで、その遺伝子は 12 本に分節した二本鎖の RNA である。分節した遺伝子は電気泳動移動度の遅いものから S1～S12 と呼ばれる。分類学的には、レオウイルス科の *Phytoreovirus* 属に入り、この属にはほかに、wound tumor virus (WTV) と rice gall dwarf virus (GRDV) が属する。植物のレオウイルスでは、ほかに *Fijivirus* 属と *Oryzavirus* 属がある。

イネ萎縮ウイルス遺伝子の全塩基配列の決定は、UYEDA et al. (1987) と OMURA et al. (1988) が同時に S10 の全塩基配列を決定したことに始まり、1993 年に UYEDA et al. (1993) が S2 の構造解析を行い終了した。これで、全遺伝子構造が解明された最初の植物レオウイルスとなった。この 7 年間に、北海道大学、農林水産省生物資源研究所及び農業研究センター、秋田県立農業短大生物工学研究所の研究グループによって、精力的に構造解析が行われた。構造解析を始めた当初より、塩基配列を決定することによって、①ウイルスがいくつかの遺伝子をコードしているか、②遺伝子の複製や発現にかかわる構造上の特徴が何かないか、③コードする遺伝子の機能が推測できないか、④ウイルスの分類に寄与する遺伝子レベルの特徴などがわかるのではないかと期待がもたれた。また 1985 年に、同じ *Phytoreovirus* 属の WTV S12 の全塩基配列がアメリカで報告されたことも (ASAMIZU et al., 1985)、大きな刺激になっていた。現在では、遺伝子構造の決定はウイルスの分子生物学の基礎となるだけでなく、トランスジェニック植物を用いてウイルス病を遺伝子工学的に防除するためにも、またウイルス病の遺伝子診断やウイルスの分類にも欠くことができなくなっている。

ここでは、RDV の全遺伝子構造が決定されて明らかになったことをまとめてみたい。

I 末端のゲノムセグメントに共通の保存配列

イネ萎縮ウイルスでは、S10 の全塩基配列が初めに決

定された (UYEDA et al., 1987; OMURA et al., 1988)。その末端には、WTV と同じ 5'GGUA-UGAU3' の配列が見いだされた。WTV では、RNA ゲノムの塩基配列を直接解析して、12 本のゲノムセグメントすべての末端で 5'GGUAUU-UGAU3' の共通保存配列が存在することが明らかになっていた (ASAMIZU et al., 1985)。このことから末端の共通保存配列が RDV と WTV で同じであろうと推測された。しかし、続いて解析された S8 (OMURA et al., 1989) と S9 (UYEDA et al., 1989) では、予想に反して末端の配列がそれぞれ 5'GGCA-UGAU3' と 5'GGUA-CGAU3' であった。すなわち S8 では 5' 末端から 3 番目の、また S9 では 3' 末端から 4 番目の塩基が異なっていた。末端の共通保存配列がどこまで保存されているのか調べるために、KUDO et al. (1991) は、全ゲノムセグメントの末端配列を RNA 塩基配列決定法により解析した。その配列は、5' 末端で 5'GGUAAA-と 5'GGCAAA-であり、3' 末端で-UGAU3' と-CGAU3' であった。分節したゲノムを持つウイルスでは、それぞれのゲノムセグメントが同じ機構で複製・転写するために、セグメント間で共通の塩基配列または高次構造を持つはずである。イネ萎縮ウイルスでは、この末端共通保存配列がこれに当たると思われる。

イネ萎縮ウイルスゲノムセグメントの末端共通保存配列は、同じ *Phytoreovirus* 属の WTV 及び RGDV と非常によく似ており (KUDO et al., 1991)、属に特異的な配列を有している (表-1)。このことは、他の植物レオウイルス属について、ゲノムセグメント間の末端共通保存配列を解析して明らかとなった (YAN et al., 1992; AZUHATA et al., 1992)。したがって、末端共通保存配列は、ウイルス

表-1 植物レオウイルスゲノムの末端共通保存配列

ウイルス	ゲノムの末端配列共通配列
<i>Phytoreovirus</i> 属	
イネ萎縮ウイルス	5'GGUAAA.....UGAU3' C C
wound tumor virus	5'GGUAAA.....UGAU3'
<i>Fijivirus</i> 属	
イネ黒条萎縮ウイルス	5'AAGUUUUU...GUC3'
<i>Oryzavirus</i> 属	
イネラギッドスタントウイルス	5'GAUAAA.....GUGC3'

を分類する上でも重要な基準になると思われる。

II 逆向きの繰り返し配列

レオウイルスでは、一つのウイルス粒子の中に分節したゲノムが1セット取り込まれるとされている。したがって、ゲノムセグメント間では、複製や転写に必要な共通の高次構造や配列のほかに、取り込まれるためにおのおののセグメントを識別するシグナルも必要である。Wound tumor virus でゲノムセグメントの両末端に数塩基の逆向きの繰り返し配列が見いだされた。このパンハンドル構造は、12本のゲノムセグメントそれぞれに特徴的であることから、分節したゲノムセグメントが1コピーずつウイルス粒子に取り込まれるためのシグナルであろうと提唱された (ANZOLA et al., 1987)。同様の配列は、RDV の全ゲノムセグメントにも見いだされる (UYEDA et al., 1989; KUDO et al., 1991)。

III イネ萎縮ウイルスの全塩基配列と遺伝子構成

イネ萎縮ウイルスの全塩基配列は決定された。一つに分離株の全セグメントについて解析されたわけではないので、正確な数ではないが、総塩基数は、25,750~25,747 である (表-2)。レオウイルス科の中では、レオウイルスタイプ3、ブルータングウイルス及びロタウイルスの総塩基数がそれぞれ 23,549, 19,218 及び 18,555 なので、RDV が一番大きいゲノムを持つことになる。どのゲノムセグメントも、基本的には、一つの長いオープンリーディングフレーム (ORF) を持つ。

Wound tumor virus の S4 から S12 の全塩基配列も決定されており、RDV の対応するセグメントと高いホ

表-2 イネ萎縮ウイルスゲノムの塩基数とコードするタンパク質

セグメント	塩基数	一番長い ORF		
		開始コドン	終止コドン	アミノ酸数
S1	4423	36	4368	1444
S2	3513	15	3363	1116
S3	3195	39	3096	1019
S4	2468	64	2247	727
S5	2571(2570)	27	2430	801
S6	1699	49	1576	509
S7	1698	26	1544	506
S8	1424	24	1284	420
S9	1305	25	1078	351
S10	1321(1319)	27	1086	353
S11	1067	30(6)	573	181(189)
S12	1066	42	978	312

モロジーが認められる (表-3)。

それぞれのセグメントについて、その構造の特徴を以下にまとめた。

1 S1

S1 は、4,423 塩基よりなり、36 番目の AUG から 4,368 番目の終止コドン (UAG) までの 1,444 アミノ酸残基 (164 kDa) の長い ORF (P1) を持つ (SUZUKI et al., 1992a)。ほかに 6 番目から 29 番目の短い ORF も存在するが、発現については明らかではない。P1 は、RNA ポリメラーゼにみられる共通モチーフを持っており、ウイルスコア粒子に存在する微量の構造タンパク質である (表-4)。

2 S2

S2 は、3,513 塩基よりなり、15 番目の AUG から 3,363 番目の終止コドンまでの 1,116 アミノ酸残基 (123 kDa) のタンパク質をコードしている (UYEDA et al., 1993)。分子量から推定すると、粒子に存在する 130 kDa タンパク質 (大村, 私信) をコードしていると思われる。5' 末端の非翻訳領域は 12 本のゲノムセグメント中、最も短い。

3 S3

S3 は、3,195 塩基よりなり、39 番目の AUG から

表-3 イネ萎縮ウイルスと wound tumor virus のコードするタンパク質のホモロジー比較

イネ萎縮ウイルス		wound tumor virus		ホモロジー (%)
ゲノム	タンパク質	ゲノム	タンパク質	
4	P4	4	P4	21.7
5	P5	5	P5	51.9
6	P6	6	Pns7	20.8
7	P7	7	P6	32.0
8	P8	8	P8	48.3
9	P9	11	P9	31.3
10	P10	10	Pns11	30.6
11	P11	12	Pns12	25.8
12	P12	9	Pns10	15.4
	P120a		P90P	29.3

表-4 イネ萎縮ウイルスの構造タンパク質とゲノムの対応

構造タンパク質	ゲノムセグメント	タンパク質分子量	ウイルス粒子中の存在場所
P1	S1	164 K	コア
130 kDa	S2	123 K	?
P3	S3	114 K	コア
P7	S7	55 K	コア
P8	S8	46 K	外殻カプシド

3,096 番目の終止コドンまでの 1,019 アミノ酸残基 (114 kDa) のタンパク質 (P3) をコードする (YAMADA et al., 1990; SUZUKI et al., 1990b)。P3 は、コア粒子の主要構造タンパク質である (SUZUKI et al., 1990b; KANO et al., 1990)。

4 S4

S4 は、2,468 塩基よりなり、64 番目の AUG から 2,245 番目の UAA までの 727 アミノ酸残基 (79.8 kDa) のタンパク質 (P4) をコードする (UYEDA et al., 1990; SUZUKI et al., 1990a)。P4 は、WTV の Pns4 とアミノ酸配列のホモロジーが高いことから、非構造タンパク質と推定されているが、直接の証明はまだない。また、zinc finger モチーフ類似の配列を持っているので、核酸結合能があると推定される (UYEDA et al., 1990)。5' 末端の非翻訳領域は 12 本のゲノムセグメント中で、最も長い。

5 S5

S5 は、2,570 あるいは 2,571 塩基よりなり、27 番目の AUG から 2,430 番目の UGA までの 801 アミノ酸残基 (90.5 kDa) のタンパク質 (P5) をコードする (SUZUKI et al., 1990a; HAYASHI et al., 1990)。P5 は、WTV の P5 とアミノ酸配列のホモロジーが高いことから、外被タンパク質をコードして、虫媒性に関与していると推定されるが、実証はまだない。

6 S6

S6 は、1,699 塩基よりなり、49 番目の AUG から 1,576 番目の UAA まで 509 アミノ酸残基 (57.4 kDa) のタンパク質 (P6) をコードする (SUZUKI et al., 1990a)。P6 は、WTV の Pns6 とアミノ酸配列のホモロジーが高いことから、非構造タンパク質であると推定される。

7 S7

S7 は、1,698 塩基よりなり、26 番目の AUG から 1,544 番目の UGA まで 506 アミノ酸残基 (55.3 kDa) のタンパク質 (P7) をコードしている (NAKASHIMA et al., 1990)。P7 はコアに存在するタンパク質である。

8 S8

S8 は、1,424 塩基よりなり、24 番目の AUG から 1,284 番目の UAG まで 420 アミノ酸残基 (46.3 kDa) のタンパク質 (P8) をコードしている (OMURA et al., 1989)。P8 は主要な外被タンパク質である。

9 S9

S9 は、1,305 塩基よりなり、25 番目の AUG から 1,078 番目の UGA まで 351 アミノ酸残基 (38.6 kDa) のタンパク質をコードしている (UYEDA et al., 1989; FUKUMOTO et al., 1989)。S9 のコードするタンパク質は

WTV の S11 がコードする構造タンパク質の P9 とホモロジーが高い。しかし RDV の粒子にはこの分子量に相当するタンパク質が見つかっていないことから、非構造タンパク質である可能性は否定できない。

10 S10

S10 は、1,321 または 1,319 塩基よりなり、27 番目の AUG から 1,086 番目の UAA まで 353 アミノ酸残基 (39.2 kDa) のタンパク質をコードしている (UYEDA et al., 1987; OMURA et al., 1988)。試験管内で発現させると、その分子量がどの構造タンパク質より小さいことと、またバクテリアで発現させたタンパク質に対する抗体とウイルス粒子が反応しないことから非構造タンパク質と推定される (MATSUMURA et al., 1992)。

11 S11

S11 は、1,067 塩基よりなり、6 番目と 30 番目の AUG から 573 番目の UAA まで 189 (20 kDa) あるいは 181 (20.8 kDa) アミノ酸残基のタンパク質 (P11) をコードしている (SUZUKI et al., 1991)。どちらの AUG が実際の感染細胞で用いられているのかは明らかではない。WTV の S12 がコードする非構造タンパク質の Pns12 はこのタンパク質とホモロジーが高いが、RDV の 6 番目に相当する AUG コドンはない。また 6 番目の AUG コドンは、コザックの“弱い開始コドン”に当たり、細胞内で働いているとしても効率はよくないと思われる。P11 の C-末端側約 1/3 は、セリンと塩基性タンパク質のリジンの含量が高く、ヒストン H1 タンパク質の C-末端側とホモロジーが高い。このことは、P11 が核酸結合能を持つことを示唆している (UYEDA et al., 1993)。12 本のゲノムセグメントの中で、最も 3' 末端の非翻訳領域が長い。

12 S12

S12 は、1,066 塩基よりなり、42 番目の AUG コドンから 978 番目の UGA まで 312 アミノ酸残基 (33.9 kDa) のタンパク質 (P12) をコードしている (SUZUKI et al., 1992b)。

イネ萎縮ウイルスの S4 から S11 までは WTV のいずれかのセグメントに対応している。Wound tumor virus に対応していないセグメントは S9 なのでこれが RDV の S12 に対応すると思われた。しかし P12 は WTV の S9 がコードする Pns10 とはホモロジーがきわめて低い (表-3)。これら P12 と Pns10 がそれぞれのウイルスに特異的であるので、その機能がウイルスに特徴的な表現形をつかさどっているのか否か興味深い。

イネ萎縮ウイルスの S12 には、313 番目と 337 番目の AUG から 589 番目の UAG までの 92 アミノ

酸残基 (P120a) と 84 アミノ酸残基 (P120b) をコードするオープンリーディングフレーム (ORF) が見いだされた (SUZUKI et al., 1992)。さらに, WTV と RGDV の S9 にも P120b に相当するホモロジーの高い ORF が存在した。したがって, 進化的には RDV の S12 と WTV 及び RGDV の S9 は対応していると考えられる。

お わ り に

イネ萎縮ウイルスゲノムの全塩基配列が明らかになって, そのゲノム構成や構造タンパク質をコードするセグメントは明らかにできた。さらにゲノムの末端構造は植物レオウイルスの分子レベルでの分類にも利用できた。しかし, ウイルスの病原性や複製に関与する遺伝子については, S1 が RNA ポリメラーゼをコードすること以外は, なにもわかっていない。今後, ウイルスの生物学的性質の分子レベルの解析が, 塩基配列を基礎にして発展することが期待される。

引 用 文 献

- 1) ANZOLA, J. V. et al. (1989) : Virology 171: 222~228.
- 2) ASAMIZU, T. et al. (1985) : ibid. 144: 398~409.
- 3) AZUHATA, F. et al. (1992) : J. gen. Virology 73: 1593~1595.
- 4) FUKUMOTO, F. et al. (1989) : Arch Virol. 107: 135~139.
- 5) HAYASHI, N. and Y. MINOBE (1990) : J. gen. Virology 71: 3081~3083.
- 6) KANO, H. et al. (1990) : Nucl. Acids Res. 18: 6700.
- 7) KUDO, H. et al. (1991) : J. gen. Virology 72: 2857~2866.
- 8) MATSUMURA, T. et al. (1992) : J. Fac. Agr. Hokkaido Univ. 65: 351~357.
- 9) NAKASHIMA, K. et al. (1990) : J. gen. Virology 71: 725~729.
- 10) OMURA, T. et al. (1988) : ibid. 69: 227~231.
- 11) ——— et al. (1989) : ibid. 70: 2759~2764.
- 12) SUZUKI, N. et al. (1990a) : Virology 179: 446~454.
- 13) ——— et al. (1990b) : ibid. 179: 455~459.
- 14) ——— et al. (1991) : J. gen. Virology 72: 2233~2237.
- 15) ——— et al. (1992a) : Virology 190: 240~247.
- 16) ——— et al. (1992b) : ibid. 191: 992~995.
- 17) UYEDA, I. et al. (1987) : Proc. Japan Acad. 63: 227~230.
- 18) ——— et al. (1989) : J. gen. Virology 70: 1289~1300.
- 19) ——— et al. (1990) : ibid. 71: 2217~2222.
- 20) ——— et al. (1993) : Intervirology (投稿中).
- 21) YAMADA, N. et al. (1990) : Nucleic Acids Research 18: 6419.
- 22) YAN, J. et al. (1992) : J. gen. Virology 73: 785~789.

お 知 ら せ

○理化学研究所第 16 回科学講演会開催のお知らせ

日 時: 平成 5 年 10 月 22 日 (金) 13:30~17:00

場 所: 仙台市・仙台ホテル (青葉の間)

主 催: 理化学研究所

後 援: 科学技術庁, 宮城県, 仙台市, 東北経済連合会, 仙台商工会議所, 東北インテリジェントコスモス構想推進協議会

協 賛: 関係学・協会

入 場: 無料

講演会:

〈プログラム〉

開会 (13:40)

(1) 眼と光

(理研・フォトダイナミクス研究センターセンター長)

田崎 京二氏

(2) 電子移動という単純な反応——亀の甲ばかりが化学ではない—— (理研・反応物理化学研究室主任研究員)

吉良 爽氏

(3) 花成ホルモンを追う——花芽の形成を誘導するホルモンを求めて—— (理研・植物生活環境制御研究室主任研究員)

桜井 成氏

閉会 (17:00)

連絡先: 理化学研究所 開発調査室

Tel 0484-62-1111 (内線 2472~2474)

新刊!

本 会 発 行 図 書

農 薬 適 用 一 覧 表 (平 成 5 農 薬 年 度)

農林水産省農薬検査所 監修

定価 3,000 円 (本体 2,913 円) 送料 380 円

A5 判 394 ページ

平成 5 年 9 月 30 日現在, 当該病害虫 (除草剤は主要作物) に適用のある登録農薬をすべて網羅した一覧表で, 殺菌剤, 殺虫剤, 除草剤, 植物成長調整剤に分け, 各作物ごとに適用のある農薬名とその使用時期, 使用回数を分かりやすく一覧表としてまとめ, 付録として, 毒性及び魚毒性一覧表及び農薬商品名・一般名対比表を付した。農薬取扱業者の方はもちろんのこと病害虫防除に関係する方の必携書として好評です。

我が国におけるクサカゲロウの大量飼育の可能性と問題点

玉川大学昆虫学研究室 ^{にい}新 ^{じま}島 ^{けい}恵 ^こ子

はじめに

施設栽培が発達した近年では、施設栽培に適した害虫防除が必要となってきた。特に残留毒性の問題や、花粉媒介昆虫の導入など施設特有の観点から、生物的防除の重要性がクローズアップされ、施設栽培が進んだ北欧ではかなりの実用化が進んでいる。この歴史と現状に関しては本誌にも紹介されているので参照されたい (VAN LENTEREN, 1993)。それによると施設栽培に共通する害虫として挙げられるハダニとオンシツコナジラミに関しては研究が進み、それぞれ捕食ダニであるチリカブリダニ、寄生蜂のエンカルシアによる防除が実用化され、かなりの効果を上げている。しかし、残されたもう一つの大害虫であるアブラムシに関しては、ごく最近になってこれまで野外放飼に利用されていたヒメクサカゲロウや、寄生蜂などが導入され始めたにすぎない。

天敵昆虫の利用の歴史をみると、その成功はベダリア Tentou を用いた場合以外は寄生性によるものが圧倒的に多く、これは寄生性天敵の優れた害虫探索能力と環境条件や薬剤散布の影響を受けにくいことからきている。しかし限られた面積で爆発的な大発生をする施設害虫に対しては短時間で害虫密度を低下させる必要が生じ、1頭で多数の害虫を捕食する捕食性天敵が重要となってくる。アブラムシの捕食性天敵として代表的なものにクサカゲロウとテントウムシが挙げられる。テントウムシはベダリア Tentou の成功以来、害虫防除への期待は大きく多くの研究者によって増殖が試みられ、一部代用餌による増殖と応用が行われているが施設栽培で利用するまでには至っていない。

I クサカゲロウの有用性

クサカゲロウ科 (Chrysopidae) はアミメクサカゲロウ目 (Neuroptera) では最も大きな科であり、世界で 90 属、約 1 800 種の記載がある (NEW, 1984)。その食性から成虫幼虫ともに肉食 carnivorous のものと、幼虫は肉食であるが、成虫は花粉やアブラムシなど同翅亜目が分泌する甘露を食べる pollen feeder や honeydew feeder に分けられる (PRINCIPI and CANARD, 1984)。幼虫期

の食性は非常に多岐にわたっており、その記録を拾ってみるとアブラムシ (ほとんどすべての科) はもちろん、カイガラムシ、ヨコバイやキジラミの幼虫、ハダニ、コナカイガラムシ、チョウ目の卵や幼虫、アザミウマ、ハムシ幼虫、など皮膚の柔らかい節足動物を広く捕食することがわかる。彼等は発達した大顎をその餌である昆虫の柔らかい表皮に突き刺しその体液を吸汁するのである。しかもこの突き刺した口器からの分泌物が、餌の消化のほか、時には餌である昆虫に麻酔的な働きをするとされ、自分より大きいオオアブラムシなども餌となる。この驚くべき広い食性と大食性からクサカゲロウは古くから野外での害虫防除に利用されてきており、その対象作物、害虫の範囲も広く (表-1)、天敵としての有用性が高いことが明らかである。またハウス内のアブラムシ密度が低くなった場合に他の害虫に対する防除効果も期待できる。

世界に広く分布し、広食性の強いヒメクサカゲロウ *Chrysoperla carnea* は大量増殖され、欧米では市販されている。世界で利用されている種としてはこの種が圧倒的に多いが一部にその近縁種である *Chrysoperla rufilabris* や *Chrysopa perla*, *C. formosa*, *C. septempunctata* などの報告もある。

II 我が国での適種の選択

我が国に広く分布するヤマトクサカゲロウ

表-1 野外圃場におけるクサカゲロウの放飼例

対象作物	対象害虫	文 献
キャベツ コショウ トマト ナス ジャガイモ	アブラムシ	ADASHKEVICH & KUZINA 1974
	アブラムシ	BEGLYAROV & SMETNIK 1977
	アブラムシ	RADZIVILOVSKAYA & DAMINOVA 1980
	コロラドハムシ	ADASHKEVICH & KUZINA 1971
	コロラドハムシ	ADASHKEVICH & KUZINA 1971
リンゴ	アブラムシ	SHUVAKHINA 1974, 1977, 1978
	ハダニ	SHANDS et al. 1972
	ハダニ	MISZCZAK & NIEMCZYK 1978
ナシ ワタ	コナカイガラ	YAN 1981
	タバコガ	DOUTT & HAGEN 1949, 1950
	タバコガ	RIDGWAY & JONES 1969
	アブラムシ	KINZER 1976
		ANONYMOUS 1982

Possibilities and Problems of Mass Production of Chrysopids in Japan. By Keiko NIJIMA

(*Chrysoperla niponensis*) は前記のヒメクサカゲロウとシノニムであるとされた (TSUKAGUCHI, 1985)。したがって我が国で害虫防除に利用する上で、外国で増殖法の確立しているこのヒメクサカゲロウを利用するのも一つである。しかし、ヒメクサカゲロウの成虫は肉食性ではなく、体も小さく、クサカゲロウの中では捕食量が多いとはいえない。そこでここでは我が国で普通種、大型種で、成虫も肉食であるヨツボシクサカゲロウ (*Chrysopa septempunctata*) とヒメクサカゲロウの生態を比較することによってその利用の可能性を考えてみた (表-2)。

食性に関してはヒメはヨツボシより広食性という利点はあるが、その摂食量は明らかにヨツボシのほうが多い。塚口 (1987) は 2 種のクサカゲロウの幼虫期の摂食量をアオヒメヒゲナガアブラムシを餌として比較し、ヒメは 360~452 匹、ヨツボシは 428~689 匹であったと報告している。さらにヨツボシは 1 か月以上の成虫期間をアブラムシを餌として過ごすので、摂食量の差は大きい。成育期間はヒメのほうがやや短い大きな差はない。産卵数は餌条件や寿命により異なり成虫の食性が違うため一概に比較はできないが、両種とも 1 日 20~30 卵、多いときには 50 卵近く産卵し、死亡するまで 1 か月以上産み続ける多産性を示す。また両種とも成虫は夜行性で、このことは昼間高温のため天窓や側面を開放しなければならない我が国のハウスにおいてはハウス外への分散を防ぐ。この点は昼間活動するテントウムシより有利な点ともいえる。また野外の分布からヒメは背丈の

低い草本植物を好むとされ、イチゴやスイカなどの作物に適するとされている。一方、ヨツボシは木本に多いとされているが、ヨモギなどの雑草にもしばしばみられ、特に好みがないと考えられる。両種ともある程度の温度と長日条件の下では休眠をせずに世代を繰り返し、経年飼育が可能である。一方、短日条件下では両種とも休眠にはいるが、その状態は大きく異なり、ヒメは成虫で生殖休眠するのに対し、ヨツボシは繭の中で前蛹休眠する。これは特に冬季の短日条件下での放飼には留意を要する点であり、また大量増殖システムの中ではストックカルチャーとして維持する場合のステージとして重要である。アメリカではヒメの場合成虫を低温保存しており、これらは温度を上げると、数日から 1 週間で産卵に至る。一方、ヨツボシは我が国の種では 12.5 時間以下の日長で休眠に入ることがわかっているが、これを人工的に覚醒することには成功しておらず、必要なときに休眠から覚ますテクニックは今後の課題であろう。

このように両種にはそれぞれの習性があり、ハウス内での利用面という観点から一長一短があり、これらの生態をよく検討した上で適した種を選択する必要がある。今回は我が国の代表種 2 種のみを比較を行ったが、このほかにもタイワンクサカゲロウ、クモンクサカゲロウ、クサカゲロウ、カオマダラクサカゲロウなど、容易に手に入り、利用の可能性を秘めている種は多くあり、それらの生態を解明することも今後の課題である。特に我が国のハウスの環境は昼夜の温度較差、昼間の異常なほどの高温多湿、それによる殺菌剤の多散布など天敵にとって苛酷な条件が多い。したがってこれらの環境に適応性のある、あるいは作期、作物に適した種を選ぶことがこれらによる害虫防除の成功の大きなポイントである。

III クサカゲロウの人工飼料の歴史と現状

1 代用餌による大量飼育

大量増殖で最も重要となるのは飼料である。湯嶋 (1970) は昆虫の飼育法をその飼料から二つのタイプに分けている。その一つは天然の餌あるいは代用寄主などの天然物そのものを利用する方法で、他の一つは天然物を含むいくつかの素材を加工した人工飼料による飼育である。現在行われている捕食性天敵類の大量飼育のほとんどが前者に入る。肉食性であることから生きた昆虫を餌としている場合が多く、飼育が比較的簡単な貯穀害虫を餌として大量増殖システムが実用化されており、そのいくつかは古橋 (1981) によって紹介されている。クサカゲロウの場合、その歴史は古く FINNEY (1948) によるジャガイモガの卵と幼虫による *C. californica* の飼育が

表-2 クサカゲロウ 2 種の生態の比較

ステージ	ヒメ クサカゲロウ	ヨツボシ クサカゲロウ
食性範囲 成虫 幼虫	花粉・honeydew 肉食・非常に広い	肉食・広い 肉食・広い
大食性 成虫 幼虫	無 旺盛	旺盛 非常に旺盛
多産性	大	大
成育期間 (1 齢~吐糸)	9~13 日	9~14 日
活動性 成虫	夜行性	夜行性
活動場所 (成虫)	低(草本)	高 (?)
越冬態 (休眠)	成虫	前蛹
年間世代数 (長日条件下)	多	多

最初である。しかし比較的簡単とはいえ、その増殖システムの中では餌の飼育に多くの労力が費やされており、したがって飼育に労力のかからない有効な代用寄主を見いだすことが研究の課題となってきた。一方このシステムは生きている飼料を使うことによって餌となる昆虫の生命力を利用して天敵のほうの飼育の労力の軽減を図っている。すなわちこの飼料は生きている限りある程度の水分を維持し、また腐敗しないから餌が死亡するか、不足しない限りは餌を交換する必要はないのである。もう一つこの飼育法を助けているのがクサカゲロウの幼虫の消化システムであろう。クサカゲロウの消化管は中腸と後腸の間がほとんど閉鎖されており(図-1)、固形の消化物は通過しない。彼らは吸汁口から体外消化した液状のみを摂食し、幼虫期の排せつは主に水分調節のために行われている。固形の糞は羽化直後に初めて排せつされる。したがって幼虫飼育期に糞やその腐敗による飼育環境の悪化がほとんどない。このことがチョウ目の卵を餌に用いたセルユニットによるクサカゲロウの大量飼育が成功した秘訣であろう。小さなセルに十分なチョウ目の卵とクサカゲロウを1匹ずつ入れることによって、餌替えの労力を省き、さらに捕食虫の飼育につきものである共食いの問題も完全に解決したのである。もしこのシステムをテントウムシに応用したら、おそらくセルにはかびがまん延してしまうであろう。この方法を用いて欧米の企業ではクサカゲロウの大量飼育を行っている(口絵参照)。

2 液体飼料と粉末飼料

このようにクサカゲロウの人工飼料は生きた昆虫を利用した代替餌から出発した。これは前述のように口器が吸汁口であることから人工飼料による飼育が難しいと考

えられたからであろう。HAGEN and HASSAN (1965)はこの点を考慮してイーストとカゼインの加水分解物、果糖、塩化コリン、アスコルビン酸を水で溶かした液状の飼料をパラフィンでコーティングするという技術を開発し、この飼料で羽化率は低い成虫を得ている。この成育日数は50日という異常に長いものであり、爾重もアブラムシ飼育のものに比べると軽いものであったが、液状飼料を薄いパラフィンで包む発想や昆虫タンパク以外の合成飼料で成虫まで飼育したという功績は大きい。その後飼料の成分の検討が加えられ、さらにより成育結果が得られている(VANDERZANT, 1969, HASSAN and HAGEN, 1978)。またコーティング方法もゼラチンカプセルやワックスコーティングなど改良が重ねられ、中国ではこのシステムで *Chrysopa cincica* の大量増殖に成功したと報告されている(CAI et al., 1983)。このように、クサカゲロウは生きた昆虫でなくても飼育が可能であることが明らかになったが、その飼料が液状でなければならないということから、この液状飼料の加工に技術、経費の面で問題が残った。

そこで入手に労力がかからない餌としてセイヨウミツバチの雄蜂児の利用が考えられた。雄蜂児はアブラムシ捕食天敵であるテントウムシの累代飼育に有効であることがわかっていたが(岡田, 1970, 岡田・新島(1971)はこの雄蜂児でヨツボシクサカゲロウの累代飼育に成功した。この餌はこれまでのチョウ目の卵や幼虫と同じ昆虫タンパクであるが、その増殖に手間がかからないことに大きなメリットがあり、養蜂産業の副産物として大量生産も可能である。しかしこの餌の最大の欠点として腐敗しやすいという点があり、これを解決するため凍結乾燥粉末がつくられた。クサカゲロウの口器は吸汁口であり、粉末餌で飼育できることは意外であったが(OKADA et al., 1974)、幼虫がこの餌を食べられるのはこの餌が吸湿しやすいのと、幼虫が酵素を分泌し(GAUMONT, 1976)体外消化するからである(口絵参照)。そしてこの餌はヨツボシクサカゲロウ以外の数種のクサカゲロウにも有効であることがわかった(表-3)。しかし、粉末餌であるがために水分の供給という問題が残されており、現在は餌と水を別々に給仕しており、労力的な解決にはなっていない。

3 栄養要求性の研究と低コスト飼料

このようにクサカゲロウの人工飼料の研究は実用化に向かって進んできており、栄養学的な研究は多くはない。しかし、それぞれの種の栄養要求性が明らかになればその栄養を満たしたより安価な素材を用いることによって低コストの飼料をつくることができる。そこで上

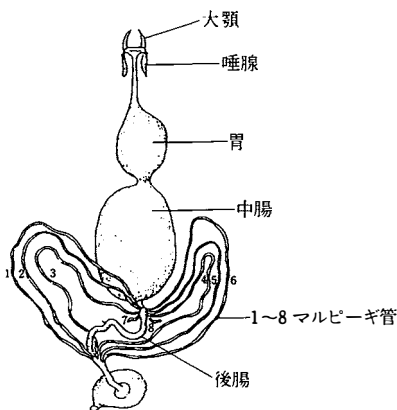


図-1 クサカゲロウの消化システム
(GAUMONT, 1976)

記の雄蜂児粉末を利用して栄養学的な研究が進められた。まず飼料の分析が行われた。図-2 にアブラムシと雄蜂児粉末及び比較としてカイコの蛹の主要成分比を示した。これからわかるように雄蜂児粉末の成分はアブラムシに非常に類似しており、さらにアミノ酸や無機塩の組成も似ていることがわかり、この飼料がアブラムシ捕食性天敵に広く有効である可能性が示唆される (NIIJIMA et al., 1986)。それらの分析結果をもとに飼料の成分を化学物質に置き換える作業が続けられ、化学物質だけからなる合成飼料が作られた。最初その飼料は VANDERZANT らの用いた広食性で飼育が容易とされているヒメクサカゲ

ロウにためられ、累代飼育が可能であることが明らかになった (HASEGAWA et al., 1989)。その後ヨツボシクサカゲロウも成育可能ことがわかり、その成分を削除、添加することにより、その栄養要求性が明らかになりつつある (NIIJIMA, 1990, 1993a, b)。その中で重要なのは糖とアミノ酸の比率であり、脂溶性成分の要求が低いことがわかった。完全化学飼料は大量増殖のための条件である低コストという条件を満たしてはいないが、この完成によって栄養要求性が明らかになり、人工飼料の開発につながるのである。堀江ら (1980) は低コストのカイコの人工飼料を開発するために家畜の飼料開発に用いられている線形計画法を導入した。これは発育に必要な栄養素を満足させ、しかも安価な素材を組み合わせる最も安価な飼料を設計するもので、栄養要求性が明らかになってこそ活用できる方法である。この方法の導入によってクサカゲロウの安価な人工飼料の開発も近い将来実現するであろう。

IV 我が国での大量飼育の可能性と問題点

欧米ではクサカゲロウを含む捕食性天敵の企業レベルでの大量増殖が行われているが、現在のところ我が国では企業レベルで行われているところはないようである。天敵類に限らず我が国の昆虫類の人工飼料の研究や飼育技術はカイコやミバエなどかなり進んでおり、欧米に比

表-3 ミツバチ雄蜂児粉末によるクサカゲロウの飼育結果

学 名	和 名	幼虫 発育	成虫の 寿命	産卵	世代
<i>Chrysopa formosa</i>	クモンクサカゲロウ	++	++	+	4
<i>C. intima</i>	クサカゲロウ	++	++	+	1
<i>C. perla</i>	——	++	?	?	3
<i>C. septempunctata</i>	ヨツボシクサカゲロウ	++	++	++	6
<i>Chrysoperla carnea</i>	ヒメクサカゲロウ	++	++	++	6
<i>Chl. furcifera</i>	アカスジクサカゲロウ	+	++	+	1
<i>Mallada formosanus</i>	タイワンクサカゲロウ	+	+	+	1

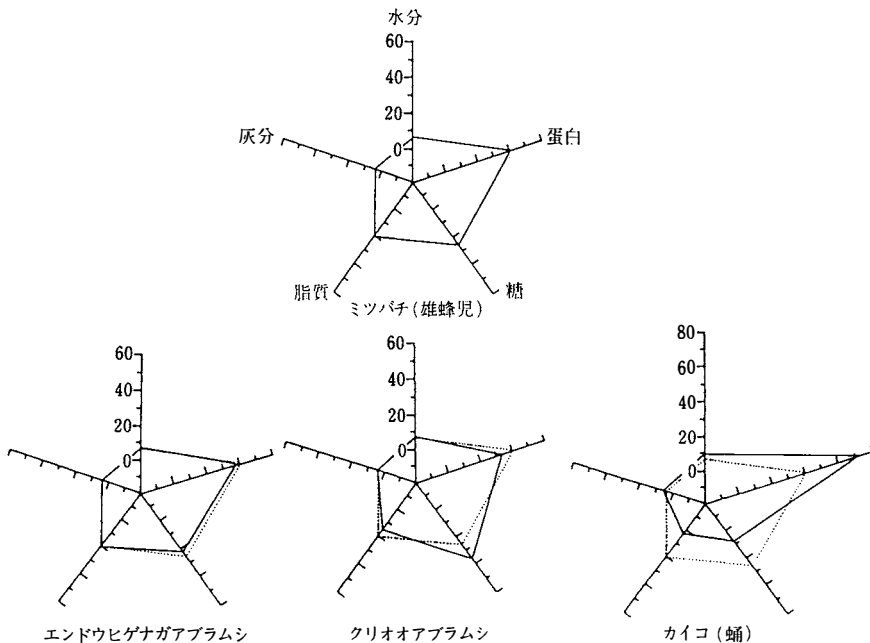


図-2 数種昆虫の凍結乾燥粉末の主要成分 (%) の比較
(破線は雄蜂児の値を示す)

べ決して劣っているとは思われない。ミツバチ雄蜂児粉末のようにかなり広い種をカバーする飼料も見いだされており、このような素材で、しかも食品加工技術を応用して人工被膜の“人工卵”をつくり、個体飼育式の増殖システムを設計すればクサカゲロウの大量増殖は十分可能と考えられる。もちろん大量増殖のシステム化においては飼料のほかに解決すべき点は多々あるであろうが、現在の昆虫学の知識をもって当たればそれぞれの場面で解決法が見いだされるに違いない。ビニールハウスを含む我が国の施設栽培面積から考えて、必要な生産規模はかなりのものであり、企業的にも十分成立するはずである。

それではなぜ我が国で、大量増殖システムが進まないのであろうか。最も問題となるのは生産が可能になった場合、本当に農家が使うか、あるいは使いこなすかということであると私は考える。第一には天敵利用の必要性を農家がどれくらい感じているかである。これは消費者の意識にもつながる。第二に天敵に対する不安感である。本当に天敵が効果を上げてくれるだろうか？ 農薬と異なり、生き物であるからその扱いを間違えると本来の効果がでない危険性がある。これらを解決するためには多くの実用試験と、それに基づく十分な指導、マニュアルが必要となってくる。

最後に天敵生産者側としては天敵類の需要が季節的あるいは年次的に変動があるということであろう。したがって需要に合った生産体制が必要になってくるであろう。不必要なときには休眠などを利用してストックすることにより、むだな生産、労力を避けることも重要である。また、複数の天敵を扱うことにより、年間を通じて継続的な製品の生産を計り、労力の配分も考える必要があらう。

お わ り に

天敵の人工飼料を研究している我が研究室ではここ数

年飼料を分けてほしい、あるいは天敵を実際に使いたいのだがどこで手に入るだろうか？ という問い合わせをしばしば受ける。これは天敵の必要性を感じながらも実際に実施できないでいる農家も多いことを示している。特に花粉媒介昆虫であるミツバチの導入やマルハナバチが最近輸入されるようになり、その必要性が高まっている。農作業の省力化は進む一方であるから、これら花粉媒介昆虫の導入はどんどん広がるであろうし、またハウスのような閉鎖系での危険を伴う農薬散布から考えれば、天敵放飼は楽な作業であり、またうまく使えば長期間の効力も期待できる。もちろんマルハナバチのように天敵を輸入することも可能ではあるが、生き物の運搬の難しさと今後の需要の伸びを考えれば、我が国で我が国に合った天敵を増産することを希望したい。

主 な 参 考 文 献

- 1) FINNEY, G. L. (1948): J. Econ. Entomol. 43: 719~721.
- 2) 古橋嘉一(1981): 植物防疫 35: 41~44.
- 3) GAUMONT, J. (1976): Annls. Sci. Nat., Zool. Biol. Anim., Paris 18: 145~249.
- 4) HAGEN, K. and R. L. HASSAN (1965): J. Econ. Entomol. 58: 999~1000.
- 5) HASSAN, S. A. and K. S. HAGEN (1978): Z. Ang. Entomol. 86: 315~320.
- 6) HASEGAWA, M. et al. (1989): Appl. Entomol. Zool. 24: 96~102.
- 7) NIJIMA, K. (1989): Bull. Fac. Agric., Tamagawa Univ. 29: 22~30.
- 8) ——— (1993a): Appl. Entomol. Zool. 28: 81~88.
- 9) ——— (1993b): ibid. 28: 89~95.
- 10) ——— et al. (1986): In Ecology of Aphidophaga, Academia, Prague: 37~50.
- 11) ——— and M. MATSUKA (1990): FFTC Book Series 40: 190~198.
- 12) 岡田一次・新島恵子(1971): 遺伝 25: 41~44.
- 13) OKADA, I. et al. (1974): Bull. Fac. Agric. Tamagawa Univ. 14: 26~32.
- 14) TSUKAGUCHI, S. (1985): Kontyu 53: 503~506.
- 15) 塚口茂彦(1987): インセクトリウム 14: 174~180.
- 16) 湯嶋健(1970): 農業および園芸 45: 1633~1636.
- 17) VANDERZANT, E. S. (1969): J. Econ. Entomol. 62: 256~257.
- 18) VAN LENTEREN, J. C. (1993): 植物防疫 47: 261~265.

ニンジンしみ腐病の発生生態と防除

岐阜県農業総合研究センター たな はし いつ お
棚 橋 一 雄*

れたのでその概要を紹介したい。

は じ め に

I 発 生 実 態

ニンジンはビタミン A に富む重要な根菜として需要が多く、全国的に種々の作型とそれぞれに適応した品種が栽培されてきた。岐阜県内の一大産地である各務原市は木曽川右岸に位置する火山性の黒ぼく（表層多腐植質黒ぼく土）の畑作地帯であり、従来はムギ・サツマイモ等の畑作が中心であったが、1962 年ごろから短根ニンジン¹の栽培が始まり、年々増加して 1968 年には冬ニンジン²、1970 年には春夏ニンジン³の指定産地として指定されるなど、全国的にも有数の産地になっている。また、1968 年ごろからはトンネル資材等を利用した春夏穫りの新作型も導入され、年 2 回の栽培がされるようになり、5～7 月、10～12 月を中心に中京・関西・北陸市場等へ出荷されている。当地域の作型は図-1 に示すように 1～2 月播種、5～7 月収穫の春夏作、7～8 月播種、10～12 月収穫の秋冬作の二作型で、圃場への作付けは、年間 1.5～1.6 作にも及び、昨年の出荷量は 7,800 t（春夏ニンジン 150 ha、4,200 t、秋冬ニンジン 230 ha、3,600 t）となっている。

ニンジン根部にしみ症状を呈する障害（通称「しみ症」）は、1970 年ごろより発生が認められ、収穫物の発病被害による収量減はもとより、「Post-harvest Disease」としても重要で、品質低下や出荷品への混入による信用低下の要因となっていた。筆者らは生態系活用型農業の試験研究推進（山田、1992）の中で、しみ腐病の発生要因、防除対策を検討してきたところ、若干の知見が得ら

1987 年 11 月に収穫されたニンジン⁴の根部障害について 30 圃場を対象に調査した結果（北島、1991）⁵、しみ腐病の被害株率が 10% 以上あった圃場は約 63% あり、一方、無発病圃場は 7% で、本病に原因する被害が大きいことが明らかとなった（表-1）。ニンジン栽培圃場は下層に不透水性の黄褐色粘土層があるため、一部に暗渠設備があるものの排水条件が中～不良の圃場が半数以上を占め、しかも 5 年間に 5 作以上のニンジンを作付けした圃場が 80% 以上あり、なかには 9～10 作の過度の連作圃場も約 10% あり、これが本病の多発要因になっていると考えられた（表-2）。

II 病 徴

しみ腐病の病徴は、長井ら（1984）⁶の報告にもあるが、茎葉部には被害が認められず、直根部に初め 1～2 mm の水浸状褐色斑点を生じる。その後、2～5 mm の横長で中心部がややくぼんだ褐色の水浸状病斑（いわゆるしみ症状）を形成するが、なかには中央部に縦の亀裂を

表-1 しみ腐病の発生程度別圃場割合
（北島、1991）

圃場の被害株率	発生圃場率
0	6.7%
1～5	16.7
5～10	13.3
10～25	50.0
25～50	10.0
50～	3.3
調査圃場数	30

表-2 ニンジン栽培圃場の条件（北島、1991）

項 目	農 家 割 合
排水状況	良：30、中：53、不良：17
暗渠の有無	有：23、無：77
ニンジン作付回数 (1982～86)	4 作以下：10、5～6 作：33 7～8 作：37、9～10 作：10、不明：10

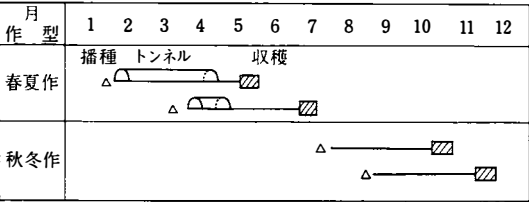


図-1 各務原市におけるニンジン⁷の作型

* 現 岐阜県伊奈波農業改良普及所
Epidemiology and Control of Brown-blotted Root Rot in Carrot. By Itsuo TANAHASHI

生じたり、進展すると5 mm以上の大型病斑となり腐敗を伴う場合もあった。また、直根の病斑が収穫期に限られるのに対し、細根の被害は生育初～中期から認められ、収穫時の側根は一部が褐変したり、腐敗しているため脱落しやすくなっていた（図-2）。アメリカではMILDENHALLら（1971）が*Pythium sulcatum*によるBrown rootとして、幼～成植物での主根部の分岐や側根の褐変、KALUら（1976）が、Root diebackとして側根の褐変などの被害を報告している。

Ⅲ 病 原 菌

我が国のニンジン根部にしみ症状を示す病害には、*Rhizoctonia solani*による根腐病（長井ら，1971）、*Pythium sulcatum*によるしみ腐病（渡辺ら，1984，1986）、*Cylindrocarpon obtusisporum*による褐色根腐病（桑田ら，1985）、*Fusarium solani* f.sp. *radicicola*による乾腐病（清水ら，1985）等が知られている。諸外国では、東スコットランドやカリフォルニアなどで*Pythium violae*によるCavity spotが報告されている（GROOMら，1985；WHITE，1986，1988；VIVODA，1991）。

ニンジンしみ腐病の病原菌とされる*Pythium sulcatum*は、MILDENHALLら（1971）によりウィスコンシンやフロリダのBrown rootから未同定菌として分離され、その後、PRATTら（1973）により新種として記載されたものである。国内では長井ら（1984）により、千葉市や船橋市で発生しているニンジン直根部のしみ症状の原因が本菌によるものであり、しみ腐病（Brown-blotted Root Rot）と報告された。

一方、本県各務原市の秋冬ニンジン産地で直根部に発生している被害、いわゆる「しみ症」病斑部から病原菌の分離を行った結果（表-3）、*Pythium* 属菌が高率に分離された（棚橋ら，1990）。分離された*Pythium* 属菌は渡辺ら（1984，1986）の報告と同様に、ニンジン直根部に

病原性を示し、CMA培地上での生育は25℃で7.6～11.3 mm/日と遅く、その形態から*P. sulcatum*と同定された。

収穫後の発病圃場に残る細根からの*Pythium* 属菌の分離は、景山ら（1980）の*Pythium* 属菌の選択培地（Cornmeal Agar 17g, Pimaricin 5 mg, Agrimycin 100 mg, PCNB(WP75%) 130 mg）を用いて行った。細根は1～2 cmに切断し24時間水洗後、殺菌水で2回洗浄して、汙紙で十分水分を取り除いた後、培地上に置床し1～2日後に伸長してきた菌糸先端部を単菌糸分離し、CMA斜面培地で保存して種の同定を行った。

細根からは生育速度の異なる*Pythium* 属菌が分離され、このうち生育速度の遅い菌株の形態を観察すると、胞子のう（Hyphal swelling）は直径6～30 μm（平均15.3 μm）、蔵卵器は表面平滑、頂生または間生でまれに1本の突起が認められ、直径10～25 μm（平均19.2 μm）であった。蔵精器は通常1～2本でまれに3本あり、膨潤で大きくくびれ（みぞ）があり、卵胞子は非充満で表面平滑で9～25 μm（平均17.7 μm）であった。これらの生理的・形態的特徴から、PRATTら（1973）、渡辺ら（1984，1986）の報告や本県の主根部のしみ症状に関与する菌と同じ、*Pythium sulcatum*と同定され、その分離率は表-4に示した（図-3～5）。

細根から分離される*P. sulcatum*は秋冬ニンジンの収穫直後の11月11日には、70%以上の高い分離率を示したが、その後分離頻度はしだいに低下して、3月には

表-3 ニンジン直根被害部から分離される病原菌（1987）

圃場	発病株率 (%)	供 試 斑点数	糸状菌の分離率 (%)	
			<i>Pythium</i> 属菌	<i>Fusarium</i> 属菌
1	21	13	85	0
2	23	17	41	12
3	36	24	88	12
4	85	32	67	19
5	32	42	74	19

表-4 ニンジン根部からの*Pythium* 属菌の分離

置床部位	供試数	採取日 (月/日)	分離率 (%)	
			<i>P. sulcatum</i>	<i>Pythium</i> sp.*
細根	72	11/11	72.2	4.2
〃	54	1/25	33.3	22.2
〃	55	3/2	1.8	89.1
主根	4	11/11	100.0	0

* : *P. spinosum*, *P. irregulare*

収穫：11/4，11/11，播種：7/15



図-2 ニンジン主根の病徴（左：しみ症状，右：亀裂）

ほとんど分離されなかった。これは細根の腐敗が進み、*P. spinosum* や *P. irregulare* 等の生育の早い *Pythium* 属菌が分離されるようになったためと考えられる。

収穫時に認められる細根部の褐変は、生育初・中期にも認められ、播種 75 日後 (5 月中旬) の細根褐変部からも、*P. sulcatum* が分離され、ニンジンの生育の早い時期から細根への感染があるものと考えられた (未発表)。

IV 伝 染 経 路

Pythium 属菌は代表的な土壌伝染性病害の一つであ

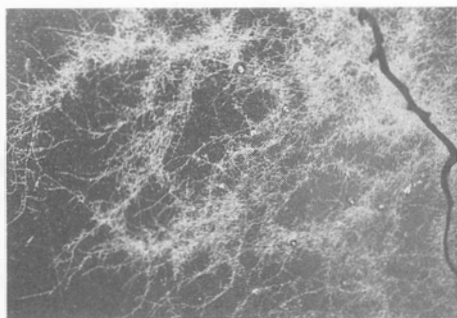


図-3 細根から伸長した *Pythium* 属菌の菌糸

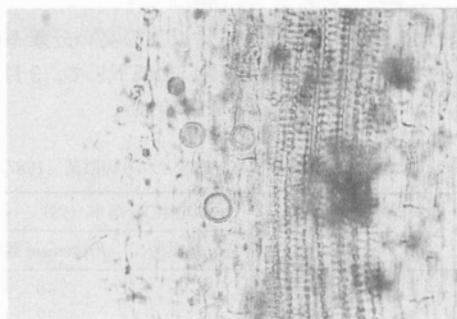


図-4 細根中に認められる *Pythium* 属菌の卵胞子

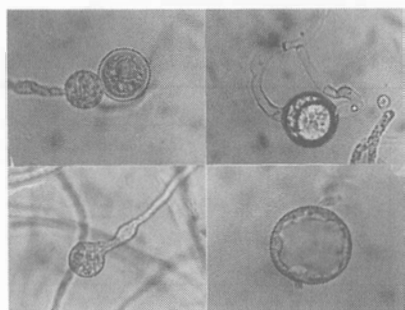


図-5 細根から分離された *P. sulcatum* (景山原図)

り、罹病宿主組織や植物残渣中で耐久体 (球状胞子のうや卵胞子) の形で生存し、組織の分解・消失に伴って土壤中に放出される。これら耐久体は長期間生存できると考えられているが (一谷, 1981, 1984; 木曾, 1984; 草刈ら, 1984), その伝染法について解明されている種は比較的少ない。

望月ら (1978) は、*P. aphanidermatum* について畑土壌での生存は残渣上や土壌粒子上の多くが卵胞子の形で、景山ら (1982) はインゲン連作圃場に存在する *P. paroeccandrum* や *P. spinosum* について、感染組織中に形成された球状器官 (卵胞子や胞子のう) が、その後組織が分解されるのに伴い土壌中に遊離されると報告している。また、東條ら (1992) はそさい畑土壌での *Pythium* 属菌の種類は季節により異なり、その生存形態は季節により変動はあるものの、卵胞子が四季を通じて 40% 余りを占めているとしている。

ニンジンしみ腐病の発病部位は主根及び細根であるが、収穫後の発病圃場に残る細根が次作の発病に与える影響について検討した (棚橋・景山, 1993)。その結果、発病圃場から採取した細根をクロルピクリン 20 l/10 a 処理した圃場に混入すると、発病圃場で栽培した場合と同様に病徴が再現された (表-5)。前述 (表-4) のように細根からは *P. sulcatum* が分離され、発病圃場の細根内には、多数の *Pythium* 属菌の卵胞子が認められていることから (図-4)、細根に感染した *P. sulcatum* が細根とともに土壌中に残り、本菌の主要な伝染源になっているものと考えられた。

V 発 生 生 態

本病の発生に及ぼす気象要因の影響について明らかにするため、収穫前の降水量と気温 (1989~92) について調査した結果、本病の発生は収穫前 (収穫前 10 日間) に降雨のなかった 1990 年には発病が少なく、連続した降雨のあった 1991~92 年には発病が多かったことから、土壌水分が保持されるような降雨が必要と考えられた。また、収穫時期と発病との関係では、5 月中旬や 11 月収穫で少なく、気温の上昇する 6 月以降の収穫で多くなっ

表-5 ニンジン細根の混入としみ腐病の発病

土壌処理剤及び量	調査株数 (本)	発病株率 (%)	発病度
クロルピクリン 20 l/10 a	47	29.8	13.8
〃 + 細根	88	68.2	43.2
無処理 (発病土)	85	52.9	28.2

表-6 ニンジン収穫期の気象条件（収穫前10日間）としみ腐病の発病

収穫期	降水量 (mm)	降水日数 (日)	平均気温 (°C)	しみ腐病 発病株率 (%)
1992 5/15	135.5	7	16.3	1.2
5/19	96.5	6	17.1	1.1
6/1	30.5	8	17.8	38.8
1991 6/3	154.5	8	20.3	19.5
1990 5/29	0.0	1	19.6	4.5
1989 11/15	56.0	7	16.3	4.5

表-7 ニンジン収穫時期としみ腐病の発病

播種期	収穫期	調査株数	発病株率	AB 品率
1/17	5/15	136 (本)	2.2 (%)	78.7 (%)
〃	5/19	148	5.6	67.6
2/12	6/1	165	38.8	24.8

た（表-6, 7）。深見ら（1988）は収穫時期と発病との関係から5月下旬～6月上旬には発病が少なく、6月下旬～7月上旬の梅雨期には多く、典型的な病斑を認めている。

地温の影響については NAGAI ら（1986）は、接種試験を行った結果20～30°Cの範囲では25°Cでの発病が最も高かったものの、13～20°Cの範囲でも高い発病を認め、土壌水分との関係では、地温20°Cの場合土壌の過湿が3日間以上で多発したことを報告している。VIVODA ら（1991）は *P. violae* による Cavity spot の発病が、15～25°Cの間では15°Cで激しく、温度が上昇するにしたがって低下し、さらに24～48時間の湛水状態で病斑数が増加するとした。

春夏作における窒素施用量としみ腐病の発病について調査した結果、発病は窒素吸収量が多いほど増加する傾向（ $r=0.813^{***}$ ）があり、特に窒素吸収量が8 kg/10 a 以下では少なく、10 kg/10 a を超えると多発する傾向があった（北嶋, 1991）。

VI 防 除 対 策

1 耕種の対策

春夏作における播種期としみ腐病の発病は表-7に示すように、2月中旬播き6月上旬収穫では発病株率は39%と多かったが、1月中旬播き5月中旬収穫では2.2～5.6%と少なく、早播きによる発病数の減少が期待できた。また、収穫期を中心に保温に利用した中型トンネル資材を利用して雨よけを行ったところ、慣行の露地と比較して発病が約1/6となり、しみ腐病の発生回避効果

表-8 雨よけ被覆としみ腐病の発病

雨よけの有無	調査株数(本)	発病株率 (%)
有	258	6.6
無	165	38.8

雨よけ被覆期間：4月21日～6月1日

収 穫 期：6月1日

表-9 土壌処理剤のしみ腐病に対する効果

土壌処理剤及び量	調査株数 (本)	発病株率 (%)
クロルピクリン 20 l/10 a	47	29.8
ダゾメット 20 kg/10 a	71	40.8
〃 30 kg/10 a	88	10.2
無 処 理	85	52.9

が高く、正品率も向上した（棚橋ら, 1993）。

2 薬剤

土壌くん蒸剤の効果について7月15日播きの秋冬作ニンジンで検討した結果、播種20日前に処理を行い、2回のガス抜き後播種したところ、ダゾメット微粒剤30 kg/10 a の効果が最も高く、ダゾメット微粒剤20 kg/10 a, クロルピクリン剤20 l/10 a も有効であった（表-9）。また、WHITE（1986）は *Pythium* 属菌による Cavity spot や Root dieback に対して、臭化メチルによる土壌くん蒸効果を認めている。

深見ら（1987）はしみ腐病に対して、梅雨時のメタラキシル粒剤の効果について生育期散布が、LYSHOL ら（1984）、WHITE（1986, 1988）は Cavity spot に対して、種子処理及び生育期の土壌灌注効果が高いことを認めているが、WHITE ら（1988）は17種の *Pythium* 属菌のうち、*P. sulcatum* や *P. dissotocum* 等では感受性が低下していることを報告している。

お わ り に

ニンジン主根部にしみ状病斑を起こす *P. sulcatum* は、*P. violae* などとともに培地上での生育の遅い種に属し、作物に対する被害も収穫期の主根部に対して著しく、苗立枯れに関与する *Pythium* 属菌とは、その感染生理や発生生態は異なり不明な点も多い。これらの種の土壌中における菌量及び生存形態の把握は、防除上重要になると考えられる。VIVODA ら（1991）は *P. violae* の定量法として、土壌希釈平板法は *P. ultimum* など生育の早い種が生育するため不適切であり、ニンジン種子による Trap 法により可能であると報告している。また、ニンジン根部の障害には種々の *Pythium* 属菌が関与すると考えら

れ (WHITE, 1988; LIDDELLら, 1989), 土壌中における各種 *Pythium* 属菌の生態把握が必要と考えられる。

本県のニンジン産地は都市近郊にあるため, 土壌くん蒸の利用は難しいが, ダゾメット剤についてはネコブセンチュウに登録があり, しみ腐病への登録拡大が望まれる。また, *Pythium* 属菌に活性の高いメトラキシル剤は, 作物登録がなく使用できない。筆者らは本病の早播きや雨よけなど耕種の防除対策による回避効果を認めたが, 全圃場に適用することは難しく, さらに有効な防除体系の確立が望まれる。

引 用 文 献

- 1) 深見正信ら (1987): 関東東山病虫研報 34: 85~87.
- 2) ———ら (1988): 同上 35: 69~70.
- 3) GROOM, M. R. and D. A. PERRY (1985): Trans. Br. Mycol. Soc. 84: 755~757.
- 4) 一谷多喜郎 (1981): 植物防疫 35: 123~126.
- 5) ——— (1984): 同上 38: 212~217.
- 6) 景山幸二・宇井格生 (1980): 日植病報 46: 542~544.
- 7) ———・——— (1982): 同上 48: 308~313.
- 8) KALU, N. N. et al. (1976): Can. J. Plant Sci. 56: 555~561.
- 9) 木曾 皓 (1984): 植物防疫 38: 245~249.
- 10) 北島敏和 (1991): 岐阜県農総研センター研報 4: 1~35.
- 11) 草刈真一・田中 寛 (1984): 第 12 回土壌伝染病談話会: 86~93.
- 12) 桑田博隆ら (1985): 北日本病虫研報 36: 155~156.
- 13) LIDDELL, C. M. et al. (1989): Plant Disease 73: 246~249.
- 14) LYSHOL, A. L. et al. (1984): Plant Pathology 33: 193~198.
- 15) MILDENHALL, J. P. et al. (1971): Plant Dis. Rep. 55: 536~544.
- 16) 望月寛人ら (1978): 関西病虫研報 17: 115.
- 17) 長井雄治・深津量栄 (1971): 日植病報 37: 369 (講要).
- 18) ———ら (1984): 同上 50: 393 (講要).
- 19) NAGAI, Y. et al. (1986): Ann. Phytopath. Soc. Japan 52: 278~286.
- 20) PRATT, R. G. and J. E. MITCHELL (1973): Can. J. Bot. 51: 333~339.
- 21) 清水節夫ら (1985): 日植病報 51: 333 (講要).
- 22) 棚橋一雄・山田偉雄 (1990): 関西病虫研報 32: 51.
- 23) ———ら (1993): 同上 35: 94.
- 24) ———・景山幸二 (1993): 日植病報 59: 299 (講要).
- 25) 東條元昭ら (1992): 関西病虫研報 34: 11~16.
- 26) VIVODA, E. et al. (1991): Plant Dis. 75: 519~522.
- 27) 渡辺恒雄ら (1984): 日植病報 50: 393~394 (講要).
- 28) WATANABE, T. et al. (1986): Ann. Phytopath. Soc. Japan 52: 287~291.
- 29) WHITE, J. G. (1986): Ann. appl. Biol. 108: 265~273.
- 30) ——— (1988): ibid. 113: 259~268.
- 31) ——— et al. (1988): ibid. 113: 269~277.
- 32) 山田偉雄 (1992): 植物防疫 46: 461~465.

新 刊 紹 介

「日本原色植物ダニ図鑑」

江原昭三 編

A 5 判, 298 頁, 定価 13,000 円

全国農村教育協会 8 月発行

(〒110 東京都台東区台東 1-26-6)

「日本原色植物ダニ類図鑑」が全国農村教育協会から出版された。鳥取大学江原教授の編集, 執筆陣は実際に活動している著名な 23 氏で, 天敵も含むダニの主要種が 88 種と, ダニ以外の天敵 8 種が解説されている。ダニにはハダニ類やサビダニ類など, いわゆる害虫のほか, 天敵であるカブリダニ科 10 種と土中の自由生活者と言われているササラダニ類 5 種も含まれているが, ササラダニの植物加害, とくに果実の加害は私には新発見である。

本を開いてまず驚くのは写真の大きさと色彩と鮮明さである。あの小さな被写体を深い焦点深度で撮影している技術には感心させられる。私たちも日本植物防疫協会

から果樹の病害虫の本を出版したが, その際, 写真を大きくするか, 小さくして多くを含めるかが議論になった。やはり写真は大きいほうが見やすいと感じた。

種の判別には必要である形態図が掲載されているのは, さすがに分類の専門家が多く参加しているからこそのであろう。被害葉などの写真が含まれているのも, 現場に関係している者には便利である。

第 2 部として, ダニの検索表を含めて, 生態の概説, 植物別寄生ダニ一覧表のあることは, 他の本を参考にしなくてもすむことが多いので, 読者に親切である。特にハダニ類とフシダニ類の検索表では, 日本産の全種が含まれているので, 農業上重要なグループだけに利用価値が高い。

各ダニの写真と解説が見開きになっているのは, 大変便利であるが, そのためコストが上がったのか, 価格が少々高い (13,000 円) のが難点と言えよう。

それにしても, ダニ類の生態や防除に関係している研究室, 研究機関, 大学に, さらに研究者個人にも必須の本の 1 冊である。 (果樹誌 是永龍二)

植物防疫基礎講座

多重比較法とその選び方(3)

ノンパラメトリック検定で用いる多重比較法

農林水産省農業環境技術研究所 やま むら こう じ
山 村 光 司

はじめに

近年、「ロバストな推定量」ということばを耳にする機会が増してきたように思われる。前々回に述べたように、分散分析では「誤差が正規分布に従い、かつその分散が処理などに依存せずに常に一定である」と仮定して分析を行っている。しかし、実際にはこの仮定は満たされていないことも多い。本稿で取り上げてきたフェロモントラップ誘殺数のデータもその一つである(表-1)。このように仮定が満たされていないのにもかかわらず分散分析を行うと、いろいろと具合の悪いことが生じてくる。トラップデータの例では、変換を行わずに分散分析を行うと、本当はトラップ間に非常に有意な差があるにもかかわらず、それを検出することができなかった。このような間違った結果を導かないためにも、多少は仮定が満たされていなくても、正しい検定結果を出してくれるような推定量「頑健な(ロバストな)推定量」があればたいへん有難い。

ロバストな推定量の一種として昔から使われていたものに「ランク検定」と呼ばれる1群がある。これは分布を仮定しないことから「ノンパラメトリック検定法」と呼ばれる検定法の一部分に属する。このランク検定では、データの値そのものを用いないで、まずデータをその大小関係から順位値に置き換える。そして、この順位に関して検定を行うというものである。元の数値自体は用いないのであるから、これはずいぶんいい加減な方法であるように感じられるかもしれない。ところが、いい加減な分散分析を行うよりは、ランク検定のほうがずっと正しい結果を出してくれるのである。むしろラン

ク検定の最も大きな欠点は、適用できる実験計画の範囲が狭いという点にあると思われる。分散分析は、基本的にいかなる複雑なモデルにでも適用できるのに対して、ランク検定は、主として1元配置の実験計画しか取り扱えない。今回は、このようなランク検定法に関する多重比較法のいくつかを紹介したい。

I ランク検定

再び、フェロモントラップのデータを取り上げて計算してみよう。今回は説明のため、三つのトラップが同じ地域に設置されていたとみなし(データ構造を無視して)分析を行う。前々回はBox-Cox変換という面倒な方法によって苦労して変換式を決定してから分散分析を行った。しかし、ランク検定では何も仮定を置かないので、データを変換せずにそのまま分析にとりかかれる。今のデータの形の場合、ランク検定ではFriedman検定という検定法を使うことができる。ランク検定の詳しい計算法やその背景についてはほかの参考書にまかせるが、ここで、簡単に計算法を追ってみたい。まず、今のデータは月ごとにブロック化されているので、月ごとの三つのデータについて順位(1, 2, 3)をつける。同じ値が存在した場合には「中間順位」をつける。例えば、順位1番と2番になるべき値が等しい値であったなら、その値にはそれぞれ $(1+2)/2=1.5$ という値をつける。次に、各トラップごとに、それぞれの四つの順位値を合計する。今の場合、トラップA1では9, A2では11, B3では4となる。そして、これらの値の偏差平方和Sを計算する。(いまの場合、偏差平方和と残差平方和は同じである。)このSを検定量に用い、Friedman検定用のしかるべき数表と比べて検定を行う。今の場合、 $S=(9-8)^2+(11-8)^2+(4-8)^2=26$ 。数表から、この値は0.042レベルで有意であることがわかる。対数変換後の分散分析では、0.0007レベルで有意であったのに比べると、検出力はきわめて低いが、何とか有意差は出してくれる。今のデータの場合、変換せずに分散分析を行うと有意差は検出できなかったのだが、Friedman検定を使えば、変数変換方法で何ら頭を悩ませることなく、有意差に到達できたというわけである。さらに重要なのは、この検定では「三つのトラップが同じ母集団に属する」という帰無仮説以外には何も仮定を置いていないため、そういう意

表-1 ハスモンヨトウのフェロモントラップ
誘殺実験結果

地域	トラップ名	各月の総誘殺数			
		5月	6月	7月	8月
A	A1	10	26	45	356
	A2	8	16	55	341
B	B3	16	48	112	874

味で、この Friedman 検定による結論は信頼性が高いという点である。

一般にランク検定の手順には次のような二つの側面がある。

① データ数があまり多くなく、同順位 (タイ) がない場合には、数表から正確な判定基準を読み取って検定を行う。

② データ数が多い場合には近似理論により、正規分布やカイ 2 乗分布を用いて検定する。

いまの Friedman 検定の場合、処理数、ブロック数が十分に多ければ、多変量中心極限定理により、処理ごとの順位合計の値は多変量正規分布に従う。したがって、この場合は正規分布理論に基づく検定を行うことができる。正規分布理論に基づく検定では通常は F 検定や t 検定を使うのだが、ランク検定の場合はデータを順位に置き換えた時点で誤差分散が自動的に決まってしまうので、 F 検定ではなくカイ 2 乗検定、 t 検定ではなく正規分布検定をそれぞれ用いることになる。これら正規近似はデータ数が少ないときには精度がよくない。しかし、SAS を含め多くの統計パッケージでは、データ数の大小によらず、正規近似を使って検定を行うしくみになっている。したがって、データ数が少なく、かつ同順位が存在しない場合には、統計量だけを統計パッケージで計算させ、最終的な検定は数表を開いて行うのがよい。なお、SAS の場合、ランク検定の計算サブルーチン (プロシジャ) は 1 元配置無作為化法に関しては準備されている (プロシジャ upar1way)。しかし、今のデータのように 1 元配置乱塊法に関しては用意されていない。SAS のマニュアルでは、乱塊法の場合は、「プロシジャ rank」なるものを使ってデータを順位に置き換えてから、「プロシジャ glm」などを使って普通の分散分析 (F 検定) を行うことを推薦している (SAS Institute, 1990)。これは、正確な誤差分散がわかっているのに、それを用いずに普通の F 検定を行うという形の方式である。この方法は、Friedman 検定の代用として使うことができる。IMAN and DAVENPORT (1980) は Friedman のオリジナルな統計量をカイ 2 乗近似して検定するよりは、ランク変換後の F 検定のほうがむしろ近似精度がよいと報告している。しかし、カイ 2 乗近似は有意水準を多くの場合 α 以下に保つことができるのに対し、 F 近似は有意水準を α 以下に保てないことが多いので、あまり薦めることはできないであろう。なお、ランク変換後の F 検定が許されるのは、限られた分散分析モデルだけであることには十分注意しておくべきである (THOMPSON, 1991)。

II 乱塊法の場合の多重比較

さて、先の Friedman 検定で有意差が出たので、次にはやはり、どのトラップとどのトラップの間に有意差があるかを調べたい。今までに述べた Tukey 法や Scheffé 法は、誤差が正規分布に従うことを前提しているため、これらの方法をランク検定にそのまま使うことはできない。そこで、ここで少し多重比較法の原点に戻って問題を考え直してみよう。

一般に K 個の処理平均がある場合、そのうちの二つを取り出して比較する組み合わせは ${}_KC_2$ とおりある。この ${}_KC_2$ とおりの検定をそれぞれ α 水準で行うとどのようなことになるであろうか? K 個の処理に全く差がないという帰無仮説の下で、この ${}_KC_2$ 回の検定のそれぞれが α の確率で間違えて有意差を出してしまう。この ${}_KC_2$ 回の検定のうち「少なくとも 1 回以上間違えて有意差を出してしまう確率」は、1.0 から「 ${}_KC_2$ 回の検定のいずれでも有意差を出さない確率」を引いたものである。仮りに ${}_KC_2$ 回の検定が独立であるとした場合には、「 ${}_KC_2$ 回の検定のいずれでも有意差を出さない確率」は乗法定理より $(1 - \alpha)$ を ${}_KC_2$ 回掛けたものとなるから、結局「少なくとも 1 回以上間違えて有意差を出してしまう確率」の上限は、

$$1 - (1 - \alpha)^{{}_KC_2} \quad (7)$$

となる。いま、五つの処理のすべての組合せについてそれぞれ $\alpha = 0.05$ 水準で検定を行うと、少なくとも一つ以上の検定で間違えて有意差を出してしまう確率の上限は $1 - (1 - 0.05)^{{}_5C_2} = 0.40$ である。したがって、このような検定を行うと実際の有意水準は 0.05 ではなく、0.40 を上限とする値にまで上昇してしまっている。このような問題は「多重性 (multiplicity)」の問題と呼ばれる。

この問題を解決する、最も安易な方法は、上の (7) 式の値自体を α に調整するというものである。先ほどの例では、 ${}_5C_2$ 回のそれぞれの検定を 0.05 水準で行ったために実際の有意水準が (7) 式に従って 0.40 を上限とする値にまで上昇してしまった。それならば、むしろ居直って、(7) 式の値が 0.05 になるように α を調整すればいいのではないか、という考え方が出てくる。つまり、(7) 式より、

$$\alpha = 1 - (1 - \alpha')^{{}_KC_2}$$

を満たす α' を求めて、その α' を用いて ${}_KC_2$ 回の検定を行えば文句はなかろう、というわけである。上式を変形すれば、

$$\alpha' = 1 - (1 - \alpha)^{1/kC_2} \quad (8)$$

である。この α' を使って検定を行う方式を「Dunn-Šidák の不等式を用いた検定」という。

(7) 式を導くときには、 kC_2 回の検定が独立であると仮定することにより有意確率の上限を求めた。しかし、検定の種類によっては、ひょっとしたら、これらの検定で有意となる確率は、相互に排他的かもしれない。その場合には (7) 式の上限は満たされなくなる。そのような心配症の人は (8) 式の代わりに最も安心・確実な次式を用いるとよい。

$$\alpha' = \alpha / kC_2 \quad (9)$$

この式の意味は集合論で使う「ベン図」なるものを描いてみれば理解できる。この (9) 式の α' を用いて検定を行う方式を「Bonferroni の不等式を用いた検定」という。

これら Dunn-Šidák の不等式や Bonferroni の不等式は、いかなる多重比較問題にも使える便利な式である。正規分布を仮定した分散分析の場合にももちろん活用することができる。しかし、その場合 Dunn-Šidák 法や Bonferroni 法は Tukey 法や Tukey-Kramer 法といった巧妙な方法に比べてかなり検出力が低い。統計パッケージによっては分散分析の後に Tukey-Kramer 法と同時に Dunn-Šidák 式や Bonferroni 式を用いた検定結果を出力するものがあるが、これら二つの出力は Scheffé 法と同様、基本的に不十分なものである。ただし、ランク検定のような正規分布を仮定しない検定においてはこの Dunn-Šidák 法や、Bonferroni 法が重要な意味を持つ。

先ほどのフェロモントラップのデータの場合は、処理数が 3 であるから、全部で ${}_3C_2 = 3$ 通りの組合せがあり、それぞれで検定を行うことができる。Bonferroni 式より、この 3 回の検定のそれぞれを $0.05/3 = 0.0167$ 水準で検定を行えば、全体としての有意水準は間違いなく 0.05 に保たれることがわかる。この方式で検定を実際に行ってみよう。二つの処理の比較の際に Friedman 検定を用いると「符号検定」というものになるが、これは一般に検出力がかなり小さい。もし正規分布の仮定が成り立っている場合には、 t 検定に比べるとその漸近的な効率は約 64% しかない。そこで、ここでは「Wilcoxon の符号化順位検定」を用いる。この検定は t 検定に比べて漸近効率は約 95% である。この検定においては、まず二つの処理の一方から他方を引き、その差の絶対値について大きさの順に順位をつける。次に、差が正のものの順位と差が負のものの順位をそれぞれ合計する。この順位合計のうち小さいほうの値 R を検定量に用い、数表を開いて検定を行う。今のデータの場合、この検定を行う

と 3 通りの検定のいずれもが $\alpha = 0.0167$ 水準で有意ではない。実はいまの場合、データ数は 4 であるから、仮に片方の処理のすべてのデータがもう一方のすべてのデータよりも大きい場合であっても、そのようなことがたまたま生じる確率は $(1/2)^4 = 0.0625$ もある。したがって、データ数が四つの場合の「Wilcoxon の符号化順位検定」では 0.0167 水準はおろか 0.05 水準でも絶対に有意差は出ないのである。

いまの Bonferroni 式を用いた検定では、二つの組合せごとに順位を付け直して検定を行った。これに対して、順位を付け直さないで (joint ranking のままで) 行う、もっと計算の楽な検定方法も存在する。すべての処理に真に差がないとき、先ほど述べたように、データ数が大きい場合には順位合計は多変量正規分布に従う。したがって、このような場合には、正規分布に基づく多重比較法を使っても許されるかのようにみえる。いま、処理数を k 、繰返し数 (ブロック数) を b としよう。Friedman 検定の場合、順位の誤差分散 s_e^2 としては次の式を用いる。

$$s_e^2 = \frac{ss}{b(k-1)}$$

ただし、ここに ss はすべてのデータにつけられた順位の偏差平方和、つまり bk 個の (順位) - (すべての bk 個の順位の平均) 2 をすべて足したものである。順位に同順位 (タイ) がない場合には、上の分散はもっと簡便な式 $k(k+1)/12$ でも計算できるが、タイのある場合には直接上の式で計算を行うのがよいであろう。さて、Tukey 型の判定基準は、前回の (3) 式と同様に、

$$|m_i - m_j| > \left(\frac{s_e}{\sqrt{b}}\right) Q(\alpha, k, \infty) \quad (10)$$

ここに m_i は第 i 処理の順位合計 R_i をその繰返し数 b で割ったもの (順位平均) である。前回の (3) 式と違い、スチューデント化範囲の自由度が ∞ になっているのは、ランク検定の場合に誤差分散が正確に決まってしまうことと関連している。データ数が少ない場合には、正規近似の精度が悪いので、その場合は数表を使って検定すべきである。その数表は MacDONALD and THOMPSON (1967) に掲載されている。二つのグループの比較 (contrast) $\sum_{i=1}^k c_i m_i$ に関しては、前回の (6) 式と同様に、Scheffé 型の検定を行うことができる。判定基準は、

$$\left| \sum_{i=1}^k c_i m_i \right| > s_e \sqrt{\chi^2(\alpha, k-1)} \quad (11)$$

ここに s_e は問題とする contrast $\sum_{i=1}^k c_i m_i$ の推定分散 s_c^2 の平方根である。つまり、

$$s_c^2 = s_e^2 \sum_{i=1}^k \frac{c_i^2}{b}$$

前回の (6) 式をそのまま使えば、判定基準としては $s_c \sqrt{(k-1)F(\alpha, k-1, \infty)}$ の値を使うことになるはずだが、 F 分布とカイ 2 乗分布の関係から、この値は $s_c \sqrt{\chi^2(\alpha, k-1)}$ と同じであるので、普通こちらの表現を使う。

ランク検定における多重比較法として、いくつかの教科書や統計パッケージでは、これら順位付け直しなしの (joint ranking による) Tukey 型検定法や Scheffé 型検定法が取り上げられている (例えば、米澤ら, 1988; 白旗, 1987)。しかし、これら joint ranking による検定は、「すべての処理効果が真に等しい」という仮説 (完全帰無仮説と呼ばれる) にのみ基づいている。ランク検定の場合、「処理 i と処理 j が真に等しい」という条件を含むあらゆる帰無仮説のうちで「すべての処理効果が真に等しい」という帰無仮説が最も大きな有意確率を与えるとは限らない。したがって、これらの joint ranking による方法は厳密な意味では多重比較法ではなく、有意水準 α の値を必ずしも保証しない。このため、これらの方法を使用することはあまり推薦できない (HOCHBERG and TAMHANE, 1987)。むしろ、先ほど行ったように、二つの処理ごとに順位を付け直して Bonferroni 型で有意水準を調整しながら (あるいは Dunn-Šidák 型で調整しながら) Wilcoxon の符号化順位検定を行う方式のほうが、検出力は弱い、確実であり信頼できる。

ちなみに、もう一度フェロモントラップのデータを用い、joint ranking のままで検定を行ってみよう。いまの場合、データ数が少ないので、MacDONALD and THOMPSON (1967) の数値を読みとれば、 $\alpha = 0.05$ では限界となる順位合計 R_i の差は 7 である。いまのデータでは、トラップ A1 と A2 の R_i の差は $|9 - 11| = 2$, A1 と B3 の差は $|9 - 4| = 5$, A2 と B3 との差は $|11 - 4| = 7$ である。したがって、「トラップ A2 と B3 の差は 0.05 水準で有意であり、その他の二つの組合せの差は有意でない」と結論される。実はいまの場合、完全帰無仮説の下での正確な有意水準は、数表をみなくても手計算で簡単に求めることができる。「すべてのトラップ間で差がない」という帰無仮説の下での $(3!)^4$ とおりの組合せのうち、7 以上の差が生じるのは $3! \times 9$ とおりあるので、この有意確率は正確には 0.0417 である。

III 完全無作為化法での多重比較

完全無作為化法の場合には、全体の検定は、Kruskal-Wallis 検定というもので普通行う。Kruskal-Wallis 検定においては、 k 個の処理のすべてのデータを込みにして順位をつけ、各処理ごとの順位合計 R_i ($i = 1, 2, \dots$,

k) を計算する。そしてこの R_i を各処理のデータ数 n_i で割った順位平均 $m_i = R_i/n_i$ を計算する。どの処理にも本当に差がない場合には、この順位平均 m_i はどの処理でも似たような値をとるであろうから、順位平均の処理間のばらつきは小さくなるはずである。そこで、「順位平均の分散がある値よりも大きければ、この k 個の処理集団は均質ではないと判断する」という方式の検定方法が考えられる。これが Kruskal-Wallis 検定である (この発想は Friedman 検定でも全く同じである)。

全体の検定で有意差が出た場合には、次に kC_2 とおりのすべての二つの組合せごとに有意差を検定する。このとき 2 組のデータだけで順位を付け直してから、Wilcoxon の順位と検定あるいは Mann-Whitney の U 検定を行う。ただし有意水準は Bonferroni の式あるいは Dunn-Šidák の式で調整しなければならない。Wilcoxon の順位と検定は Kruskal-Wallis 検定の 2 標本の場合に相当するもので、順位合計 R_i ($i = 1, 2$) を用いて検定を行う方式である。Mann-Whitney の U 検定は $U_i = R_i - n_i(n_i + 1)/2$ ($i = 1, 2$) を用いて検定を行う点が前者と異なるが、内容はやはり同じである。

乱塊法の場合と違い、完全無作為化法の場合には、2 組ごとに順位を付け直してから Tukey 法と同様の発想で検定を行うこともできる。これは Steel-Dwass の方法と呼ばれ、Bonferroni 式や Dunn-Šidák 式を用いるよりも検出力が高い。この Steel-Dwass の方法のための正確な数表はあまり完備されていないが、データ数が大きい場合には、容易に近似的に計算を行うことができる。まず、処理ごとのデータ数が等しく n であり、かつ同順位 (タイ) のない場合を考えよう。このとき、データ数が大きければ中心極限定理により、 $R_i - R_j$ ($i \neq j$) は平均ゼロ、分散 $V(R_i - R_j) = n^2(2n + 1)/3$ の正規分布に従う。前回述べたように、標準正規分布 $N(0, 1)$ から k 個のサンプルを取り出したときの、その最大値と最小値の差 (範囲) の α 限界点は「スチューデント化された範囲のパーセント点 $Q(\alpha, k, \infty)$ 」として数表化されている。これは、 k 個の独立サンプルを取り出したとき、任意の二つの処理平均値の差 $m_i - m_j$ が $N(0, 2)$ に従うならば、その $m_i - m_j$ の最大絶対値の α 限界点が $Q(\alpha, k, \infty)$ になることを意味している。 $R_i - R_j$ を $\sqrt{V(R_i - R_j)}/2$ で割ったものは $N(0, 2)$ に従い、かつ、 kC_2 個のそれらの値の相互の共分散構造も上の状況に一致することから、結局 $|R_i - R_j|/\sqrt{V(R_i - R_j)}/2$ の α 限界点は $Q(\alpha, k, \infty)$ となる。この関係をそのまま用いて検定してもよいし、あるいは、 R_i の平均が $E(R_i) = n(2n + 1)/2$ 、分散が $V(R_i) = n^2(2n + 1)/12$ であることから、少し表現を変えて、次の不等式が成り立つときに「二つの処理は α 水準

で有意差がある」と判定すればよい。

$$|R_i - E(R_i)| - 0.5 > \sqrt{\frac{V(R_i)}{2}} Q(\alpha, k, \infty) \quad (12)$$

ここで左辺から 0.5 を引いているのは、離散分布を連続分布で近似する際にその近似をよくするためによく用いる「連続修正」である。 $|R_i - R_j|$ を用いて検定を行う場合には -0.5 でなく -1.0 により修正するのがよいであろう。なお、処理ごとのデータ数が等しくない場合には、Tukey-Kramer 法のような修正を考慮することができる。この場合、第 i 処理と第 j 処理を比較するとき、 R_i の平均は $E(R_i) = n_i(n_i + n_j + 1)/2$ 、分散は $V(R_i) = n_i n_j(n_i + n_j + 1)/12$ である。そこで、この値を用いて上の (12) 式で検定することができる。同順位 (タイ) がある場合には、実際の $V(R_i)$ は $n^2(2n + 1)/12$ や $n_i n_j(n_i + n_j + 1)/12$ より小さくなるので、(12) 式の基準はやや保守的な方向に偏るが、有意水準 α が保たれるには違いないので一応問題は無いであろう。もし気になるようであれば、いちいち正確な $V(R_i)$ を用いればよい。

完全無作為化法において、順位の付け直しなしの (つまり、joint ranking による) 検定を行う場合には、誤差分散 s_e^2 としては、データ総数を N とするとき次の式を用いる。

$$s_e^2 = \frac{SS}{N-1}$$

タイがない場合には、より簡便な式 $N(N+1)/12$ を用いればよい。先ほどの乱塊法の場合と同様に、この誤差分散を前回の式 (4), (6) に代入し、順位平均の差を検定すれば、それぞれ Tukey-Kramer 型検定、Scheffé 型検定となる。このときの自由度 ν は乱塊法の場合と同じく ∞ である。処理ごとのデータ数が等しく、かつ小さいときの Tukey 型検定の比較的正確な棄却限界値は、MacDONALD and THOMPSON (1967) に掲載されている。また、この誤差分散を用いて joint ranking のまま Dunn-Šidák 型や Bonferroni 型の検定を行うという検出力の弱い方式も存在する (高木, 1985; 米澤ら, 1988; HETTMANSPERGER, 1984; ZAR, 1984 で取り上げられている)。いずれにせよ、これら一連の joint ranking による検定法は、完全帰無仮説にのみ基づくため、乱塊法の場合と同様に厳密な意味で多重比較法ではない (有意水準 α を必ずしも保証できない)。したがって、乱塊法の場合と同じく、一般にあまり推薦できないであろう。やは

り 2 組ごとに順位を付け直して、Steel-Dwass 検定を行うか、あるいは、同じく 2 組ごとに順位を付け直して Bonferroni 不等式や Dunn-Šidák 不等式を用いて検定を行うほうが、検出力は弱いが確実である。なお、教科書によっては、Kruskal-Wallis 検定や Friedman 型検定の後に、joint ranking のまま「LSD 法」と呼ばれる方法に相当する検定を行っているものがある (CONOVER, 1980; SPRENT, 1993)。しかし、もともと LSD 法自体が多重比較法ではないので、この方法は論外とすべきであろう。

おわりに

最近の統計ソフトは分散分析と同時に、ほとんど自動的に多重比較の計算結果も出力してくれるため、多重比較法の利用例はますます多くなりつつあるようである。しかし、データが構造化されているにもかかわらず、無批判に多重比較法を用いて分析を行ったために、あまりクリアでない結果しか得られないという事態も頻繁に生じているように見受けられる。データ分析にあたっては、まず分散分析モデル自体に十分工夫をこらした後に慎重に正しい多重比較法を活用するべきだと思われる。

本連載にあたっては農業環境技術研究所の三輪哲久博士にいろいろとご教示いただいた。ここに記して感謝したい。

引用文献

- 1) CONOVER, W. J. (1980): Practical Nonparametric Statistics. 2nd edition. Wiley.
- 2) HETTMANSPERGER, T. P. (1984): Statistical Inference Based on Ranks. Wiley.
- 3) HOCHBERG, Y. and A. C. TAMHANA (1987): Multiple Comparison Procedures. Wiley.
- 4) IMAN, R. L. and J. M. DAVENPORT (1980): Comm. Statist. A9: 571~595.
- 5) MACDONALD, B. J. and W. A. THOMPSON (1967): Rank sum multiple comparison in one- and two-way classifications. Biometrika 54: 487~497.
- 6) SPRENT, P. (1993): Applied Nonparametric Statistical Methods. 2nd edition. Chapman & Hall.
- 7) SAS Institute (1990): SAS/プロシジャリフェレンスガイド Release 6.03 Edition. SAS 出版局.
- 8) 白旗慎吾 (編) (1987): パソコン統計解析ハンドブック IV ノンパラメトリック編. 共立出版.
- 9) THOMPSON, G. L. (1991): Biometrika 78: 697~701.
- 10) 米澤勝衛・佐々木義之・今西茂・藤井宏一 (1988): 生物統計学, 朝倉書店.
- 11) 高木正見 (1985): 植物防疫 39: 487~491.
- 12) ZAR, J. H. (1984): Biostatistical Analysis. 2nd edition. Prentice-Hall.

植物防疫基礎講座

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(5)

ムギ眼紋病菌

北海道立中央農業試験場 ^{たけ}竹 ^{うち}内 ^{とおる}徹

はじめに

ムギ眼紋病は、ヨーロッパでは古くからみられている病害であるが、日本では1982年に秋田県で、1983年に北海道で発生が確認された比較的新しい病害である。世界的にみるとムギの主要病害の一つに挙げられるが、日本では本病が問題となっているのは北海道に限られているといつてよい。本病は伝染源が、土壌に残る罹病麦稈であることから、土壌病害的な性格を持つが、感染部位が根部ではなく茎基部であることから、薬剤散布による防除も可能である。そのため、ヨーロッパでは本病の対策として薬剤散布が広く取り入れられている。日本でも薬剤散布の検討がなされたが、その中でまずベンゾイミダゾール系薬剤であるベノミル剤及びチオファネートメチル剤が本病に対して有効であることが明らかにされ、チオファネートメチル水和剤の1,000倍液茎葉散布が実用化された。しかし、同剤の使用頻度の高い北海道の道東地方で、まもなく防除効果の低下がみられ、耐性菌の出現が確認された(清水・宮島, 1989)。その後、耐性菌の分布はかなり広範囲に及んでいることが明らかにされた(竹内ら, 1990)。

ベンゾイミダゾール系に替わる薬剤としてDMI剤であるプロピコナゾール剤が本病に有効であることが明らかとなり、実用化された。しかしプロピコナゾール剤は眼紋病菌のWタイプ菌に対しては効果を持つがRタイプ菌には効果が低いことが明らかとなった(眼紋病菌のタイプについては後述する)。

ここでは、本病原菌のベンゾイミダゾール剤感受性検定について解説するが、今後の対応のためDMI剤感受性についてもヨーロッパでの報告に私見を交えて解説したい。

I 病原菌

ムギ眼紋病の病原菌は、*Pseudocercospora herpotrichoides* (FRON) DEIGHTON (完全世代 *Tapesia yallundae* WALLWORK and SPOONER) である。本菌には、そ

の培養形態から PDA 平板上で全縁平滑で生育が速い菌群 (fast-growing, even-edged: F/E) と、不定形羽毛状で生育の遅い菌群 (slow-growing, feathery-edged: S/F) との2菌群がある。SCOTT et al. (1975) はこれら培養形態とコムギ及びライムギに対する病原性からそれぞれ W タイプ (コムギに強, ライムギに弱) と, R タイプ (コムギに強, ライムギに強) との pathotype にしているが, NIRENBERG (1981) は培養形態と分生胞子の形態から, それぞれ var. *herpotrichoides* と var. *acuformis* との2変種に分類した。このように本菌には分類上の問題が残されているが, 多くの研究者は2菌群を培養形態から W タイプと R タイプに識別している。本稿における W タイプと R タイプの表記も培養形態によるものである。なお, 両タイプのコムギに対する病原性には差はない。

II 病原菌の分離方法

1 病原菌のサンプリング方法

本病の病斑の形成は地際部, せいぜい第2節間ぐらいまでの茎基部に限られる。病斑形成は既に根雪前の秋季に葉鞘にみられる。病斑は4月の雪解け後徐々に増加するが, この時期の葉鞘は *Microdochium nivale*, *Bipolaris* sp. などの寄生により褐変していることが多いため, 眼紋病による病斑を見分けるのは難しく, 病原菌の分離に適さない。その後, 病斑は節間伸長後期に葉鞘から稈に移行し, 出穂期ころには稈に特徴的な眼紋状の病斑を形成する。病原菌の分離はこの稈から行う。サンプリングの時期を遅くすると病斑の形成も増えるが, 病斑部が腐敗して雑菌の混入が増えたり, 成熟期近くになると稈が黄化して病斑がみづらくなる。したがって, 出穂期から乳熟期 (北海道では6月中旬から7月上旬) の間にサンプリングするのが適当である (この時期のサンプルはすでに当年の薬剤散布を受けていることを考慮しなければならない)。サンプリングは, 株ごとコムギを引き抜き, 茎ごとにばらして葉鞘をむくと稈に眼紋状の病斑が認められる。病斑の認められた稈は根をちぎり取り, 長さ20 cm ぐらいで切ると, 割り箸状のサンプルとなるので, これを圃場ごとに紙封筒に入れておく。一つの株から集

中することなく、圃場内数か所からまんべんなくサンプリングする。コムギが倒伏した圃場では倒伏部近くの倒伏していない株をみれば大抵病斑が見つかる。倒伏部の株は病斑部の腐敗が進行していることが多く、病原菌の分離には適さない。また、密植している部分や過繁茂となっているところで発病はみつけやすい。サンプルは独立した病斑のあるものが望ましい。このようにして紙封筒に入れたサンプルは、乾いていれば冷蔵庫内で長期間保存でき、数か月以上は病原菌の分離に支障はない。

2 病斑部からの病原菌の分離

なるべく独立した病斑をカミソリで切り取るか輪切りにして、常法にしたがってアンチホルミンで表面殺菌した後、ストレプトマイシン加用 PDA 平板に静置する。培養は 22°C で 2 週間程度かかる。特に R タイプ菌の生育は遅い。培養日数を短縮すると、比較的生育の速い W タイプ菌を優占的に分離することになりかねないので気をつける。

また、分離には硫酸銅 800 ppm をストレプトマイシン加用 PDA に添加した選択培地が便利である(角野ら, 1991)。この選択培地地上では病原菌は、茶褐色の特徴的な培養形態を示す。選択培地では菌の生育がさらに遅くなるので、培養日数をさらに延長する必要がある。

分離後の病原菌は PDA 斜面で室温で 1 年間は保存できる。

Ⅲ ベンゾイミダゾール剤に対する感受性検定

1 判定基準

眼紋病菌のベンゾイミダゾール剤(ベノミル剤及びチオファネートメチル剤)に対する感受性検定は最低生育阻止濃度(MIC)法が使われている。

日本で分離された眼紋病菌のベンゾイミダゾール剤に対する感受性をベノミル剤及びチオファネートメチル剤を用いて調査した結果を図-1 及び図-2 に示した。それによると、いずれの薬剤についても三峰性の分布を示し、ベノミル剤では 2 ppm 以下、200 ppm 以上及びその中間にそれぞれピークが認められた。

ベンゾイミダゾール剤に対する眼紋病菌の感受性は、カーペンダジウム 1 ppm (BROWN et al., 1984; COSKUN et al., 1987) またはベノミル 2 ppm (GRIFFIN and KING, 1985; HOLLINS et al., 1985; KING and GRIFFIN, 1985) における生育の有無によって判定されている。そこで、ベノミル 2 ppm を感受性菌と耐性菌との境界となる MIC 値とし、ベノミル剤を 2 ppm 添加した培地によって耐性検定を行うのが適当であると判断した。さらに、ベノミル剤

を 200 ppm 添加した培地での生育の有無も併せて調査すれば、中度耐性菌と高度耐性菌の識別も可能である。ここで、実際の薬剤散布に使われているのがチオファネートメチル剤で、感受性検定に使われるのがベノミル剤となるが、諸外国の成績との比較のためには検定方法を統一することが望ましいと考えた。当然のことながら両剤に対する耐性は交差する。また、本基準による検定結果とチオファネートメチル剤の圃場における防除効果とは高い相関が認められている(竹内ら, 1990, 表-1)。

なお、病原菌の W 及び R タイプとベンゾイミダゾール感受性とは無関係で、それぞれのタイプに耐性菌が存在する。

表-1 コムギ眼紋病に対するチオファネートメチル水和剤(70%)の防除効果(1989)

病原菌 耐性菌株率 (%)	発 病 度		防除価
	チオファネートメチル 水和剤(70%)*	無散布	
7.4	25.1	82.0	69.4
26.1	43.2	94.2	54.1
100.0	42.8	41.0	0

*: 1,000 倍液を 2 回散布

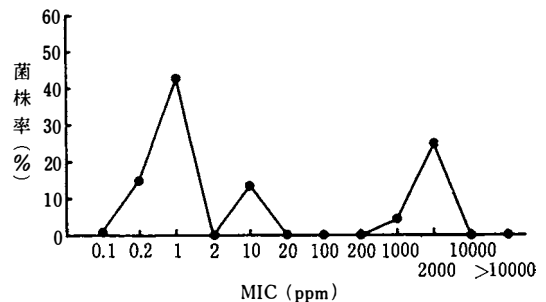


図-1 コムギ眼紋病菌のベノミル感受性の頻度分布 (n=120)

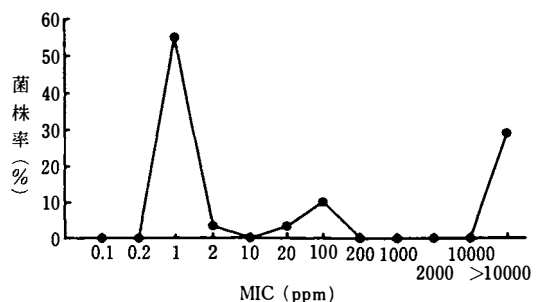


図-2 コムギ眼紋病菌のチオファネートメチル感受性の頻度分布 (n=120)

2 検定方法

PDA 平板で 18~22°C, 14 日間培養した検定菌株を直径 5mm のコルクボーラで打ち抜き、ペノミル水和剤を有効成分で 0.2, 200 ppm の濃度になるように加えた PDA 平板に接種する。接種後 18~22°C で 14 日間培養し、菌の生育の有無を調査し、感受性菌、中度耐性菌、高度耐性菌の判定をする。中度耐性菌と高度耐性菌の区別の必要がないときはペノミル 200 ppm 添加培地を省いてもよい。また、R タイプ菌は生育が密となってコルクボーラで打ち抜きづらいことがあるので、前培養を CMA (Corn meal agar) で代替してもよい。また、R タイプ菌の中には生育がかなり遅いものもあるので必ず対照のペノミル無添加培地における生育と比較しないと、判定を誤る可能性があるので注意する。

3 検定結果

1 圃場当たり 20 菌株程度分離すればその圃場におけるベンゾイミダゾール剤の防除効果がおおよそ推定できる。耐性菌率が 30% 以下であればベンゾイミダゾール剤の散布が有効であるとされる (GRIFFIN and KING, 1985; 竹内ら, 1990)。また、広い地域を対象に耐性菌の分布を調査する場合には、1 圃場当たりの病原菌の分離は数菌株程度にとどめ、調査圃場筆数を増やしたほうがよい。

IV DMI 剤に対する感受性

1 病原菌のタイプと DMI 剤感受性

病原菌の W タイプと R タイプの DMI 剤に対する感受性には明らかな差異が認められる。北海道産の菌株について、トリアジメホン及びプロピコナゾール剤 (両剤は現在北海道のコムギに広く使われている) に対する感受性をみると、プロピコナゾール剤に対する MIC は W タイプ菌が 1.56~6.25 ppm, R タイプ菌が 12.5~100 ppm であり、トリアジメホン剤に対する MIC は W タイプ菌が 25~100 ppm, R タイプ菌が 6,400 ppm 以上であった。すなわち、R タイプ菌の MIC は W タイプ菌より明らかに高かった。圃場におけるプロピコナゾール剤散布による眼紋病の防除効果も、W タイプ菌の優占する圃場で認められたが、R タイプ菌が優占する圃場では認められなかった (竹内ら, 1991; なお、本剤はヨーロッパでは眼紋病を対象には使われていない)。

ここで問題になるのは、果たして R タイプ菌を耐性菌あるいは低感受性菌と呼ぶか否かということである。圃場における DMI 剤耐性菌の出現様式やその遺伝的背景については、必ずしも一様ではないことが最近しだいに明らかになってきた。しかし、これまで DMI 剤感受性は病原菌のポリジーンによるもので、低感受性化は連続的

に推移するとされてきた。したがって、このような W 及び R タイプ菌の DMI 剤に対する感受性の明確な差異は、W 及び R タイプ菌本来の遺伝的な差異と考えるのが妥当である。事実、両者は遺伝的に隔離されていることが最近明らかにされた (竹内・国永, 1993)。

以上のことから、眼紋病菌の DMI 剤感受性の検定を行う際には、菌のタイプによって感受性のベースラインが異なるので、検定する菌株が W タイプ菌か R タイプ菌かを明確にしておくことが前提条件となる。

LEROUX et al. (1988) は眼紋病菌の DMI 剤に対する感受性を多くの剤について検討している (表-2)。その中でトリアゾール系など多くの DMI 剤では、R タイプ菌が W タイプ菌より感受性が低かった。しかし、W タイプ菌の中に感受性が低下した系統の存在が認められている (日本ではまだこのような例は確認されていない)。また、ピペリジン系のフェンプロピジン及びモルホリン系のフェンプロピモルフに対する感受性では W タイプ菌と R タイプ菌の関係が逆転しているが、これらの剤はトリアゾール系の DMI 剤と菌の感受性に関して負の交差関係があるとされている。

2 供試 DMI 剤の選定

眼紋病菌の DMI 剤感受性の検定には、その地域で一般に使われている DMI 剤を供試する例が多く、剤の特定はない。プロピコナゾール剤は、W 及び R タイプ菌の

表-2 ムギ眼紋病菌の DMI 剤及びモルホリン関連薬剤に対する感受性

薬 剤	EC ₅₀ (ppm)		
	W タイプ		R タイプ
	a	b	
イマザリル	1.0	6.7	8.3
プロクロラズ	0.05	1.2	0.4
トリフミン	0.4	40	125
ピリフェノックス	0.04	140	100
フェナリモル	0.7	3.1	7.1
シプロコナゾール	0.3	20	26
ジニコナゾール	0.6	4.5	14
テブコナゾール	0.3	11	14
ヘキサコナゾール	0.05	28	32
ベンコナゾール	0.04	105	250
プロピコナゾール	0.2	14	10
トリアジメホン	3.8	26	>26
トリアジメノール	1.2	83	>83
フェンプロピジン	22	1.1	0.2
フェンプロピモルフ	11	1.1	0.1
トリデモルフ	0.2	2.5	16.5

LEROUX et al. (1988) より作成。

感受性の差異も明らかで、いずれのタイプの菌についても感受性の幅がその推移をひろえる薬剤濃度の範囲内にあるので、DMI 剤感受性の検定に適当である。

前述した眼紋病菌のプロピコナゾール剤に対する感受性値は、本剤が実用化される以前に得られ、うどんこ病を対象としたトリアジメホン剤をも含む DMI 剤の使用歴が全くない圃場から分離された病原菌も含んでいることから、眼紋病菌のプロピコナゾール剤に対する感受性のベースラインは MIC で W タイプは 1.56~3.13 ppm, R タイプは 12.5~50 ppm の範囲内にあると考えられる。

しかし、菌の DMI の感受性の変動は連続的なものが多く、また、ベースラインデータの信頼性の高さからも、感受性の推移を調査するには MIC 法より、EC₅₀ による検定のほうがより適当である。LEROUX et al. (1988) の報告からすると、眼紋病菌のプロピコナゾール剤に対する EC₅₀ のベースラインは W タイプ菌が 0.2 ppm 以下、R タイプ菌が 10 ppm 以下と推定されるが、供試株を本当に野生型とみなせるかどうかについてなお検討を要する。

3 検定方法

検定方法はベンゾイミダゾール剤の場合に準じる。しかし、EC₅₀ を求める場合には PDA を用いると、R タイプ菌の生育が不定形羽毛状になり、菌叢直径の計測がしづらくなることがあるので、不適当である。ここでは LEROUX et al. (1988) の方法を紹介する。検定には合成培地 (KH₂PO₄, 2 g; K₂HPO₄, 1.5 g; (NH₄)₂SO₄, 1 g; MgSO₄·7H₂O, 0.5 g; グルコース, 10 g; 酵母エキス, 2 g; 寒天, 15 g; 蒸留水, 1 l) を用いる。培養は 20°C で行い、平板上の菌叢の直径を 3~4 週間 7 日間おきに計測する。試験は薬剤無添加の対照のほか、少なくとも 4 濃度設定し、各処理は 3~4 反復行う。EC₅₀ の算出は常法による。

V 今後の問題点

現在、ヨーロッパでは DMI 剤の中で R タイプ菌にも

活性を持つプロクロラズ剤もしくはその混合剤が眼紋病の防除に使われている。しかし、北海道ではコムギ病害に対する薬剤防除は DMI 剤偏重の傾向にある。DMI 剤の過用は病原菌の低感受性化を招く可能性があるため、今後は W 及び R タイプの菌構成の推移のみならず、それぞれの菌の DMI 剤感受性の変動にも留意しなければならない。実際、W タイプ菌の中にプロクロラズ剤に対する感受性が低下した系統の出現が認められている (LEROUX et al., 1988)。また、本剤の使用により眼紋病菌の感受性に変動がみられなかったとする報告 (GALLIMORE et al., 1987) と、感受性が低下したとする報告 (KING et al., 1986) とがあるが、いずれにしても DMI 剤偏重の中で今後どのように病原菌の感受性が推移するか観察していく必要がある。

引用文献

- 1) BROWN, M. C. et al. (1984): Plant Pathology 33: 101~111.
- 2) COSKUN, H. et al. (1987): Trans. Br. Mycol. Soc. 88: 117~119.
- 3) GALLIMORE, K. et al. (1987): Plant Pathology 36: 290~296.
- 4) GRIFFIN, M. J. and J. E. KING (1985): EPPO Bulletin 15: 485~494.
- 5) HOLLINS, T. W. et al. (1985): Plant Pathology 34: 369~379.
- 6) KING, A. C. et al. (1986): Australasian Plant Pathology 15: 22~23.
- 7) KING, J. E. and M. J. GRIFFIN (1985): Plant Pathology 34: 272~283.
- 8) LEROUX, P. et al. (1988): Pestic. Sci. 23: 119~129.
- 9) NIRENBERG, H. I. (1981): Z. Pfl Krankh. Pfl Schutz 88: 241~248.
- 10) SCOTT, P. R. et al. (1975): Trans. Br. Mycol. Soc. 65: 529~538.
- 11) 清水基滋・宮島邦之 (1989): 日植病報 55: 503 (講要).
- 12) 角野晶大ら (1991): 同上 57: 485~491.
- 13) 竹内 徹ら (1990): 北日本病虫研報 41: 53~57.
- 14) ————ら (1991): 日植病報 57: 402~403 (講要).
- 15) ————ら (1992): 同上 58: 543 (講要).
- 16) ————・国永史朗 (1993): 同上 59: 269~270 (講要).
- 17) ———— (1993): 第 3 回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講要.

リレー随筆

気象観測船に乗船して(1)

巡視船「おじか」でのウнка調査の思い出

毎年6月になり梅雨の季節になると、何故か今年のウнкаはどうなんだろうか、多いのだろうか少ないのだろうか、早いのか遅いのかと大変気懸かりになってくる。これは私自身が今なお農業会社に籍を置く身の一職の職業病かもしれない。また一方では、四半世紀前に自ら南方定点観測船でウнка飛来調査を行った思い出につながっているのかもしれない。昭和43年に始まった海上調査が四半世紀以上にわたって続けられており、編集部より当初の思い出を書いて欲しいと求められたので、昔の記憶をたどりながら筆を執った次第である。しかし26年も前のことであり記憶もかなりあやしくなっているので、間違いがあるかもしれないがご許しをいただきたい。なお調査に関することは「病害虫発生予察特別報告」第23号(昭和43年)、「植物防疫」第22巻第12号(昭和43年)、「今月の農業」第12巻第9号(昭和43年)、等に報告してあるので、参考にしていただきたいと思う。

1 海上飛来調査の動機

セジロウウнкаとトビイロウнкаについては昔から非常に多くの試験研究が行われていたが、越冬生態や第一次発生源に関する点は不明であり、長い間「内地越冬説」と「海外飛來說」との間で論争が続けられていたが、昭和20年代後半から全国的規模で国と県が一体となって研究を行い、ついに昭和40年6月にそれまでの研究成果を踏まえて卵休眠による内地越冬説を支持した。ところが昭和41年に久しく大発生をみなかった兩種ウнкаが関東以西で大発生し、さらに昭和42年7月15日に南方定点観測船で気象庁職員鶴岡保明氏がウнкаの大群を確認することとなり、海外飛來說がにわかにクローズアップされた。このような背景から農林省側も職員を乗船させ自らその事実を確かめる必要が生じ、発生予察事業の新たなページが開かれることとなった。

2 名誉ある第1号乗船者となって

南方定点観測船は海上保安庁に所属し、毎年5月から11月まで巡視船「おじか」と「のじま」の二船で約20日交替で北緯29度東経135度の位置で気象観測を行っているもので、船には保安庁職員と気象庁職員が乗っている。他省庁の職員が他の目的で乗船するということはそう簡単なものではなかったと思う。この調査を行うと決断された時の植物防疫課長 安尾 俊氏、課長補佐 遠藤武雄氏、係長上垣隆夫氏のご苦勞、ご努力は大変なものであったはずである。幸い海上保安庁や気象庁の承諾が得

られ昭和43年6～7月のウнка飛来時期に乗船する運びとなった。当初計画では第1回目は農技研 長谷川 仁技官が、第2回目に私が乗船することとなっていたが、長谷川さんが小笠原島調査の折に足をいため乗船できなくなり、急拠私が第1号乗船者となった次第である。

3 巡視船での生活

山国(長野県)育ちの私は船に乗ったのは青函連絡船と佐渡ヶ島連絡船ぐらいのもので、大海原に出るということに不安があった。巡視船は私共戦中派にはなじみの駆逐艦に似た船で1,000トン未満の小さい船である。私はお客さん扱いで上甲板にある士官室が与えられ、狭いながら大変に良い部屋で丸窓からは海原が見えた。20日間の航海中出発前の不安は消え、1日4食もある食事をある時は低気圧接近の荒海どきに、またある時は位置修正のための航行中に椅子にかけられることもできない状態での食事を含め完全消化したのは士官食堂では船長と私の2人だけであり、最後の夕食会で皆から驚きとおほめの言葉をいただく結果となった。今にして思えばお客さんであり皆に迷惑をかけるわけにはいかないという気持ちがある結果的によかったと思っている。

さて本来のウнка調査のほうとはというと、これは「運を天にまかせる」という諺がぴたりと、定点付近は連日快晴で全くウнка飛来の気配がなく、時おりトンボやホウジャクが飛んできて私を慰めてくれるだけであった。はるか水平線上に梅雨前線がはっきり見え、なかなか船に近づいてこず、むなしい毎日であった。360度障害物が全くない洋上で梅雨前線をあれ程ははっきりと見ることができたのは別の意味で大きな収穫であった。

ウнкаの飛来は観測終了の前々日から始まった。梅雨前線直下に船があり小雨が降り続いたとき、南々西の風によってウнкаが大量に船でつかまった。早速植物防疫課に電報を打ち、やれやれよかったというのが正直な気持ちだった。そろそろ返り仕度にかかり始めた時で、持参した稲苗もわずかの時間差で処分してしまい、大臣特許も準備された「生きたままのウнка」が日本に持ち帰れなかったことはまことに残念であった。それにしてもあのような大海の中、小さな船に何故ウнкаが飛び込んで来るのか? いまだにその疑問は解けていない。ふとしたきっかけで始まった洋上調査がもう26年も続いている。これは世界に誇れる事業であろう。これからももっともっと長く続けてほしいと願っている。

(日産化学工業株式会社 三田久男)

人 事 消 息

(9月16日付)

〔省際基礎研究に伴う併任〕

河野義明氏（厚生省国立予防衛生研究所昆虫医科学部殺虫殺そ剤室長）は蚕糸・昆虫農業技術研究所生体情報部併任に

○研究職 OB ニュース（H4年11月～5年5月就任）

佐久間勉氏（果樹試保護部長）は JICA チームリーダー（ネパール）に

奥 俊夫氏（果樹試盛岡支場虫害研究室長）は（株）ネクスス嘱託に

樋口昭則氏（北農試農村計画部地域計画部研究室長）は帯広畜産大学助教授（畜産学部）に

栃原比呂志氏（九農試地域基盤研究部長）は（社）日本植物防疫協会資料館長に

川北 宏氏（蚕昆研生体情報部主研）は蚕昆研非常勤職員に

山口武夫氏（熱研センター研究第一部長）は九州東海大学教授（農学部）に

宮崎県総合農業試験場では、9月1日より電話はダイヤルイン方式となる。管理課 0985-73-2121（代表）、環境部 -2124、生物工学部 -2125、FAX 0985-73-2127（変更なし）、詳細は要問合せ

京都薬科大学では、8月31日より電話はダイヤルイン方式となる。詳細は要問合せ。代表 075-595-4600

林業薬剤協会では、8月23日（月）より事務所を下記へ移転した。電話、FAX は変更なし

〒101 東京都千代田区岩本町2丁目18番14号
藤井第1ビル8階

社団法人農林水産技術協会では、8月1日付で組織改正を行い、従来の筑波支所を筑波センターとし、研修宿泊部と情報交流部を設ける改組を行い、本部の情報システム室を部として新設した。

株式会社エス・ディー・エスバイオテックは、5月6日付でダイヤル・イン方式を導入した。各部門番号は次の通り。(03) 3436-3811（総務部）、3813（海外部）、7440（営業管理部）、7441（農薬営業部）、7442（東京営業所）、7443（動薬・防疫薬部）、7446（農薬対策室）、7447（開発部）、0989（ファクシミリ）

福井県植物防疫協会は、5月1日付で次のとおり事務所を設置した。

所在地 〒910 福井市北四ツ居3-1-19
（福井県農業共済組合連合会5F）

電 話 代 表 0776-53-2700
直 通 0776-52-2264
FAX 0776-52-2264

グリーンネット株式会社は、5月6日付にて下記に事務所を移転した。

〈新住所〉

〒101 東京都千代田区神田錦町3丁目24番4号
（住友商事神田ビル5F）

〈電 話〉 03 (3233) 8711（代表）
8712, 8713

〈FAX〉 03 (3233) 8714

デュポン・ジャパン・リミテッド東京本社は、5月1日付にて下記に移転した。

〈新住所〉

〒153 東京都目黒区下目黒1丁目8番1号
アルコ・タワー

〈電 話〉 (03) 5434-6113（農業用製品事業）、6114（業務部）、6116（農薬事業部）、6117（普及・安全推進室／特品担当）、6115（関東甲信越担当）、6120（研究開発・新規事業部）、6118（開発課）、6119（登録管理室）、6187（ファクシミリ）

長瀬産業株式会社では、組織変更に伴い部所の呼称を下記のとおりに変更した。

〈新名称〉 化学品第2部農業・生活環境部門
（旧名称 化学品第2部農薬部）

カリ・デュファール株式会社農薬部は、4月1日付にて独立し新会社ソルベイ・バイオサイエンス株式会社を設立した。

〈住所〉 〒104 中央区銀座6丁目13番16号

〈電話〉 03-5565-4152（直）

〈FAX〉 03-5565-4199

東京有機化学工業株式会社残留製剤研究部門は、7月19日付にて下記に事務所を移転した。

〈新住所〉 〒340-02

埼玉県北葛飾郡新鵜宮町大字八甫2763

〈電話〉 0480-57-1330（ダイヤルイン）

〈FAX〉 0480-57-1383

奈良県植物防疫協会では、8月2日付で事務所を下記に移転した。

〈住所〉 〒630

奈良市法蓮町757 県法蓮庁舎園芸農産課内

（奈良法蓮庁舎1階 園芸農産課内）

〈電話〉 0742-22-1101（従来どおり）

福島県病虫害防除所の FAX. NO. が下記のとおりに変更になった。（旧）0249-38-4242

（新）0249-23-2012

日本バイエルアグロケム株式会社では、8月1日付で本社事務所を下記へ移転し、電話もダイヤルイン方式とした。（業務開始日 8月2日）、

（新住所）〒108 東京都港区高輪4丁目10番8号
京急第7ビル

電話 03-3280-（抜粋）

管理本部・人事部・人事課（9883）、経理部・経理課（9886）、総務部・総務課（9894）、経営企画室・開発企画部（9393）、広報部（9896）、営業本部・農薬営業部・販売管理課（9386）、海外・特品営業部・海外営業課（9382）、業務部・営業企画課（9387）、開発本部・技術部・殺虫剤グループ（9378）、除草剤グループ（9379）、殺菌剤グループ（9381）、開発調整（9378）、登録センター部・登録I課（9376）、登録II課（9377）、生産本部・生産管理部・資材課（9394）、製造課（9394）

新しく登録された農薬 (5.8.1~5.8.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名（登録年月日）、登録番号（製造業者または輸入業者名）、対象作物：対象病虫害：使用時期及び回数など。但し、除草剤については適用雑草：使用方法を記載。（…日…回は、収穫何日前何回以内散布の略）。（登録番号 18409~18411 までの3件、有効登録件数は5907件）

「殺菌剤」

オキシリニック酸・カスガマイシン水和剤

オキシリニック酸10.0%，カスガマイシン塩酸塩2.9%（カスガマイシンとして2.5%）

カセット水和剤 (5.8.27)

18409（北興化学）

たまねぎ：軟腐病：14日5回，レタス：軟腐病：21日2回

「殺虫殺菌剤」

ブプロフェジン・イソプロチオラン・オキシリニック酸粉剤

ブプロフェジン1.5%，イソプロチオラン2.5%，オキシリニック酸1.0%

フジワンアブロードスターナ粉剤 DL (5.8.27)

18410（日本農薬）

稲：いもち病・もみ枯細菌病・ツマグロヨコバイ幼虫・ウンカ類幼虫：穂ばらみ初期～乳熟期（収穫21日前まで）：2回以内

「除草剤」

カルブチレート・テトラピオン粒剤

カルブチレート3.0%，テトラピオン2.0%

シタガリン T (5.8.27)

18411（エス・ディー・エスパイオテック）

すぎ・ひのき（下刈り）：雑かん木・ササ類：春期：1回：全面土壌散布

協会だより

○お知らせ

当協会では、研究所において“植物ウイルス・細菌診断用抗血清の配布事業”を行っておりますが、本年9月1日現在配布可能なもののリストを、後付広告ページに掲載しておりますのでご覧下さい。昨年度より取扱品目も増加しております。

○出版部より

☆『農業適用一覧表（平成5農業年度）1993年版』ができました。今年度より、目次、索引の体裁を大幅に変更し、より見やすくなりました。一層の利用をお願いいたします。20ページに広告を掲載しておりますので、ご覧のうえご注文下さい。

（A5判，394ページ，定価3,000円，送料380円）

主な次号予告

次11月号は「性フェロモン」の特集号です。予定されている原稿は下記のとおりです。

- | | |
|---------------------|-------|
| 1. 性フェロモン研究の現状と応用 | 田付 貞洋 |
| 2. 性フェロモン構成成分の機能 | 川崎健次郎 |
| 3. フェロモンの拡散 | 内嶋善兵衛 |
| 4. 性フェロモンの構成要素と受容器 | 望月 文昭 |
| 5. 性フェロモン源への雄蛾の定位行動 | 神崎 亮平 |

- | | |
|--------------------------|-----------|
| 6. 性フェロモン防除法の適用条件 | 若村 定男 |
| 7. フェロモン防除効果の判定 | 高井 幹夫 |
| 8. 交信かく乱法によるリンゴの鱗翅目害虫の防除 | 川嶋 浩三 |
| 9. フェロモンによる施設害虫の防除 | 田中 寛 |
| 10. 性フェロモンを利用したシバ害虫の防除 | 清水喜一・福田 寛 |

定期購読者以外のお申込みは至急前金にて本会へ

定価1部700円 送料51円

植物防疫

第47巻 平成5年9月25日印刷

第10号 平成5年10月1日印刷

平成5年

10月号

（毎月1回1日発行）

＝ 禁 転 載 ＝

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 岩 本 毅

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里5-9-8

定価700円 送料51円
（本体680円）

平成5年分
前金購読料 7,800円
後払購読料 8,400円
（共に千サービス、消費税込み）

— 発 行 所 —

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号170
社団法人 日本植物防疫協会

電話・東京 (03) 3944-1561~6 番

振替 東京 1 - 1 7 7 8 6 7 番

広範囲の作物の病害虫防除に… 農作物を守る! 日曹の農業

新発売!

○落葉果樹の病害防除に

ブルーク

●ハダニ類の防除に

ピラニカ

○灰色かび病などに卓効!

ゲッター

●ハダニ・スリップス防除に

ノンマイト

★巨峰の着粒増加に

フラスター

—植物成長調整剤—

★かんきつ園・桑園・家まわり・駐車場等の除草に

クサカットソル

—茎葉兼土壌処理除草剤—

好評発売中!

○広範囲の病害防除に

フロンサイド

○果樹・野菜の病害防除に
種もみ消毒に

トリフミン

○病害防除の基幹薬剤

トップジンM

○果樹の休眠期防除に

ホマイコト

○桃・おうとう・すももの灰星病、
野菜・豆類の腐核病・灰色かび病の防除に

ロニラン

○落葉果樹の病害総合防除に

ルミライト

○べと病・疫病・細菌病の防除に

アリエッティボルドー

○べと病・疫病の専門薬!

アリエッティ

○きゅうりのべと病防除に、
ぶどう・りんご・なしの病害防除に

アリエッティC

※ハウスの省力防除に
日曹のくん煙剤

トリフミン ジェット

ロニラン ジェット

マブリック ジェット

ニッソランV ジェット

○芝・たばこ・花の病害防除に

プレビクルN

○果樹・野菜のハダニ防除に

ニッソラン

○糸・メロン・すいか・さといも・花の
ハダニ・アブラムシ類防除に

ニッソランV

○ハダニ・アブラムシ防除に

プロカーブ

○広範囲の害虫防除に

スカウト

★イネ科雑草の除草に

ナブ

—生防除処理
除草剤—

★広葉雑草の除草に

アクチノール



農業は、適期・適量・安全使用



日本曹達株式会社

本社 〒100 東京都千代田区大手町2-2-1

支店 〒541 大阪府中央区北浜2-1-11

営業所 札幌・仙台・信越・新潟・東京・名古屋・福岡・四国・高岡

“箱でたたこう! イネミズゾウムシ”

イネミズゾウムシをはじめ、イネドロオイムシ・イネヒメハモグリバエ・ウンカ、
ヨコバイ類などの水稻初期害虫の同時防除が出来ます。

〈育苗箱専用〉

オンコル® 粒剤 5

特長

- 1 浸透移行性: 速やかに浸透移行し、植物全体を害虫から守ります。
- 2 残効性: 残効期間が長いので、薬剤散布回数を減らすことが出来ます。
- 3 広い殺虫スペクトル: 広範囲の害虫に効果を示し、一剤で同時防除が出来ます。



大塚化学株式会社

大阪市中央区大手通3-2-27
農業部 / Tel.06(946)6241

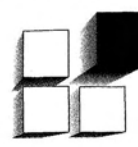


Hoechst

速くて、
しっかり

ダブル
W効果の除草剤

- 速く効く、長く効くバスタ
- 人、作物、土、環境に優しいバスタ
- なんでも枯らすバスタ ●使いやすいバスタ

 **バスタ** 液剤

® ドイツ・ヘキスト社の登録商標

バスタ普及会 石原産業／日本農薬／日産化学

〈事務局〉ヘキストジャパン株式会社 〒107 東京都港区赤坂8-10-16 ☎03(3479)4382

資料請求券
極防

正確・迅速をモットーに
時代のニーズにお応えします。

業 務 内 容

●依頼分析

植栽地、緑地-----植栽地土壌、客土の物理性、化学性分析
考古学分野-----遺跡土壌などの化学分析
農耕地・その他の土壌---土壌の物理性、化学性分析
植物体分析-----植物体の無機成分分析
肥料分析-----植物質、動物質、無機質肥料の分析
土壌汚染-----土壌汚染物質の分析
その他、水質、産業廃棄物の分析は、その都度ご相談に応じます。

●土壌調査および植生テスト

依頼分析のための土壌調査、採取、および活性汚泥、産業廃棄物に係わる植生テストなどもご相談に応じます。

バリノ・サーヴェイ株式会社

地質調査業者 質 80-982
計量証明事業 群馬県 環 第17号

本 社 〒103 東京都中央区日本橋室町2-1-1三井ビル
TEL 03(3241)4566 FAX 03(3241)4597
研究所 〒375 群馬県藤岡市岡之郷戸崎559-3
TEL 0274(42)8129 FAX 0274(42)7950

植物病害診断キット アラート

アラート[®]は、色素標識抗原体反応を用いた新しいタイプの診断キットです。
 特別の施設、資材、技術は必要でなく、事務室、温室、圃場等で、簡単に操作できます。
 疫病菌、ピシウム病菌、リゾクトニア病菌によって起こる各種病害を、発病初期の段階で
 簡単に診断ができるようになることから、発生予想事業や合理的な防除に役立ちます。



輸入元 株式会社 トーメン 生物産業部
 東京都港区赤坂二丁目14番27号

* ご注文・お問い合わせは

社団法人 日本植物防疫協会 出版部

東京都豊島区駒込一丁目43番11号

TEL: (03)3944-1561~6(内線27~28) FAX: (03)3944-2103

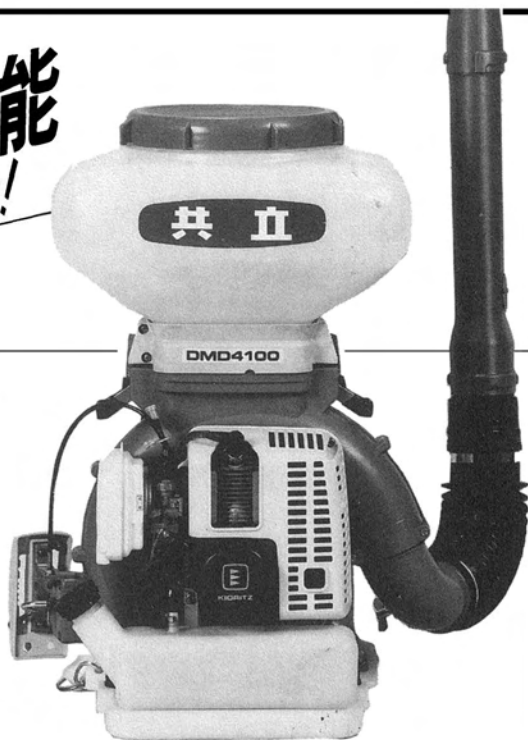
KIORITZ
ECHO

なにより軽量で高性能 精度の高いセレクトシャッターで新登場!

共立背負動力散布機にニューフェイスの登場です。低振動・低騒音の小型軽量39.7ccエンジンを搭載、あわせて随所に新素材の採用で9.8kgとより軽量化に成功しました。粉剤から粒状肥料、除草剤まで安定した散布量が得られるセレクトシャッターと一度シャッターレバー開度を決めると目盛りを見ることなく開度規制ができるストップ付です。また、信頼性の高い循環式フロートキャブの採用で始動性も一段と向上、キャブのトラブルもありません。また一步、背負動散を進化させたDMD4100-F13。ぜひお確かめください。

共立背負動力散布機 DMD4100-F13

●エンジン排気量：39.7cc ●重量：9.8kg ●薬剤タンク容量：13ℓ ●肥料噴頭付



株式
会社

共立



共立エコー物産株式会社

〒198 東京都青梅市末広町1-7-2
☎0428-32-6181(代)

全農教の新刊

農林作物の有害種を含む植物ダニ類の
本格的な原色図鑑

日本 原色 植物ダニ図鑑

江原昭三／編 A5判 写真285点 定価13,000円(税込)

薬剤抵抗性の発達により、ダニの多発が問題になっていますが、本書は有害種を含む植物ダニを分類や防除の専門家23名によって解説したものです。ダニの調査、研究や指導に携わる農業改良普及所、病害虫防除所、農業・林業試験場に最適な1冊。

●第1部 種の解説では個々の種や天敵昆虫・微生物について形態や生態を解説。さらに同じ見開き頁に被害や各ステージの写真と形態図を付し、判別の困難なダニの同定の助けとなるよう編集。

●第2部 概説の前半では各科ごとの一般的概説、科の検索表を掲載。被害の大きいハダニ類やアシダニ類については日本産全種の検索表をつけています。

後半ではハダニの防除について、ハダニの生態、薬剤抵抗性、防除の方法、捕食者であるカブリダニの生態等を解説。

●4種の新種やニセナミダニ、ミカンハダニ休眠系統の呼称変更など最新の知見を取り入れています。

カメムシの生態と被害を
写真を中心に紹介

近刊

日本 原色 カメムシ図鑑

—陸生カメムシ類—

友國雅章／監修 安永智秀・高井幹夫・山下 泉・川村 満・川澤哲夫／著
A5判 360頁 定価9,300円(税込) 11月刊行予定
農作物を吸汁加害し、作物に致命的な被害を与えるカメムシを中心に、鮮明な写真と記載により紹介したカメムシ生態図鑑。
第1章では主要害虫を含む日本産陸生カメムシ351種を取り上げ、写真と簡潔な記載によりその生態を紹介。第2章ではイネをはじめ、各種作物に発生する被害を克明に撮影した写真と記載により解説。

呈内容見本

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6 (植調会館)
電話／03-3833-1821 FAX／03-3833-1665

★ 日産化学

奏でるのは、
実りの前奏曲。
プレリュード



- 優れた抗菌力で、馬鹿苗病、ごま葉枯病、いもち病を同時に防除します。
- 低温時でも安定した消毒効果を示し、他剤の耐性菌にも高い効果があります。
- 乳剤なので薬剤の均一性が高く、攪拌の必要がありません。
- 種粒への吸着(浸透)に優れているので、消毒後は風乾せずに浸種できます。

適用病害と使用方法

作物名	適用病害虫	希釈倍数	使用時期	本剤及びブクロラズを含む農薬の総使用回数	使用方法
稲	いもち病	1,000倍	浸種前	1回	24時間 種子浸漬
	ばか苗病	100倍			10分間 種子浸漬
	ごま葉枯病	40倍 乾燥種粒1kg当り希釈液30ml			吹付け処理(種子消毒機使用)又は塗抹処理

実りのプレリュード・種子消毒剤



スポルタック® 乳剤

●ブクロラズ25% SPORITAK®

R はシェーリングアングロモカリスリデット(英国)の登録商標

植物ウイルス・細菌診断用抗血清の配布のお知らせ

当協会では、植物防疫上重要な病原の診断及び疫学研究用として下表のように、植物ウイルス及び細菌診断用抗血清を作製・調製の上、実費配布しております。なお、申し込みは下記あて文書またはFAXにてお願いいたします。なお、見積・請求書等指定用紙がある場合はお知らせ下さい。

また、ウイルス病診断同定依頼も実費にて実施しております。それらの内容については、当研究所病害研究室までご相談下さい。

(申込み先)

(社)日本植物防疫協会研究所 総務係

住 所 〒300-12 茨城県牛久市結束町 535 番地

電 話 0298-72-5172 FAX 0298-74-2294

配布可能な植物ウイルス及び細菌抗血清

抗血清の種類	区 分	利用できる血清試験方法
ウイルス抗血清		
1 イネ縞葉枯ウイルス (RSV)	C	ラテックス凝集, エライザ
2 イネ萎縮ウイルス (RDV)	C	赤血球凝集, ラテックス凝集, エライザ
3 オオムギ縞萎縮ウイルス (BaYMV)	D	エライザ
4 インゲン黄斑モザイクウイルス そえ系 (BYMV-N)	B	〃
5 ラッカセイわい化ウイルス (PSV)	B	〃
6 アズキモザイクウイルス (ABMV)	C	〃
7 ジャガイモ X ウイルス (PVX)	A	微量沈降, 二重拡散, エライザ
8 ジャガイモ Y ウイルス (PVY)	D	エライザ
9 タバコモザイクウイルス 普通系 (TMV-OM)	A	微量沈降, 二重拡散, エライザ
10 タバコモザイクウイルス トマト系 (TMV-L)	A	〃
11 タバコモザイクウイルス トウガラシ系 (TMV-P)	A	〃
12 タバコモザイクウイルス ワサビ系 (TMV-W)	A	〃
13 キュウリモザイクウイルス 普通系 (CMV)	B	〃
14 キュウリ緑斑モザイクウイルス スイカ系 (CGMMV-Wa)	A	〃
15 キュウリ緑斑モザイクウイルス キュウリ系 (CGMMV-C)	A	〃
16 メロンえそ斑点ウイルス (MNSV)	C	エライザ
17 カブモザイクウイルス (TuMV)	A	微量沈降, 二重拡散, エライザ
18 カボチャモザイクウイルス (WMV)	B	〃
19 ブッキーニエローモザイクウイルス (ZYMV)	B	〃
20 ユリ潜在ウイルス (LSV)	E	エライザ
21 オドントグロッサムリングスポットウイルス (ORSV)	E	〃
22 シンビジウムモザイクウイルス (CyMV)	E	〃
23 温州萎縮ウイルス (SDV)	D	〃
24 柑橘トリステザイルス (CTV)	D	〃
25 柑橘タターリーフウイルス (CTLV)	E	〃
26 ブドウファンリーウイルス (GFV)	D	〃
細菌抗血清		
1 シュードモナス・グルメ (PG)	A	エライザ
2 シュードモナス・セバシア (PC)	A	〃
モノクローナル抗体		
1 イネ縞葉枯ウイルス (RSV)	F	エライザ
2 キュウリ緑斑モザイクウイルス スイカ系 (CGMMV-Wa)	F	〃
3 タバコモザイクウイルス 普通系 (TMV-OM)	F	微量沈降, 二重拡散, エライザ
4 タバコモザイクウイルス トマト系 (TMV-L)	F	〃
5 タバコモザイクウイルス ワサビ系 (TMV-W)	F	エライザ
6 キュウリモザイクウイルス (CMV)	F	〃
7 シュードモナス・セバシア (PC)	F	〃

1) 平成5年9月1日現在。 2) 抗血清作製・調製の難易と所要経費の多少に応じて A～F に区分した。

各種試験用抗血清配布単価 (実費)

区 分	抗血清 (1ml)		感作赤血球 15 ml : 500 検体	感性ラテックス 25 ml : 500 検体	エライザ用セット 1 ml : 500～3,000 検体
	一般	国公立機関			
A	18,000 円	10,800 円	円	円	39,000 円
B	22,500	13,500			40,500
C					42,000
D					47,500
E	56,000	33,600			50,500
F	50,500	30,300			49,000

消費税 (3%) が加算されます。

社団法人 日本植物防疫協会の発行図書

日本農薬学会 農薬製剤・施用法研究会編集の
農薬関係技術解説書

「農薬の製剤技術と基礎」 B5判 192頁
定価 3,399円(本体 3,300円)送料 310円

「農薬の散布と付着」 B5判 170頁
定価 3,400円(本体 3,301円)送料 310円

農薬要覧 1992年版 (平成3農薬年度分)
農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 監修
B6判 704頁
定価 5,200円(本体 5,049円)送料サービス

農薬ハンドブック 1992年版
同書編集委員会 編
A5判 750頁
定価 5,500円(本体 5,340円) 送料 380円

農薬適用一覧表 1993年版
(平成5年9月30日現在)
農林水産省農薬検査所 監修
A5判 394頁
定価 3,000円(本体 2,913円) 送料 380円

農薬概説 改訂版—農薬取扱業者研修テキスト—
農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 監修
植物防疫全国協議会 編集
B5判 210頁
定価 1,500円(本体 1,456円) 送料 310円

農薬科学用語辞典
同書編集委員会 編
A5判 頁・定価等未定(5年秋刊行予定)
掲載用語 3,000語以上

応用植物病理学用語集
濱屋 悦次 編著
B6判 506頁
定価 4,800円(本体 4,660円) 送料 380円

日本有用植物病名目録
日本植物病理学会 編
第3巻 (果樹) B6判 190頁
定価 2,369円(本体 2,300円) 送料 240円
第4巻 (針葉樹・竹笹) B6判 232頁
定価 3,605円(本体 3,500円) 送料 310円
第5巻 (広葉樹) B6判 504頁
定価 4,017円(本体 3,900円) 送料 380円

月刊雑誌「植物防疫」

(平成5年 Vol.47)1~12月号

前金購読料 7,800円(税込, 送料込み)

後払購読料 8,400円(税込, 送料込み)

1冊(Vol.46,47)定価 700円 送料 51円

植物防疫講座 第2版(全3巻:B5判)

同書編集委員会 編

病 害 編(356頁)

害虫・有害動物編(335頁)

農薬・行政編(362頁)

各巻定価 3,200円(本体 3,107円)送料サービス

全3巻セット 9,000円(直販のみ)

ひと目でわかる果樹の病虫害

(全3巻シリーズ)

No.1 ミカン・ビワ・キウイ(既刊)

B5判 176頁 カラー写真 562点

No.2 ナシ・ブドウ・カキ・クリ・イチジク

B5判 頁・定価等未定(5年秋刊行予定)

No.3 リンゴ・核果類等

B5判 頁・定価等未定(6年秋刊行予定)

芝草病虫害・雑草防除の手引

芝草農薬研究会 編

A5判 本文 256頁 口絵 40頁

定価 3,500円(本体 3,398円)送料 380円

昆虫の飼育法

湯嶋 健・釜野静也・玉木佳男 共編

B5判 400頁

定価 12,000円(本体 11,650円)送料サービス

農林有害動物・昆虫名鑑

日本応用動物昆虫学会 監修

A5判 379頁

定価 3,399円(本体 3,300円)送料 380円

性フェロモン剤等使用の手引

同書編集委員会 編

B5判 本文 86頁(内カラー4頁)

定価 1,800円(本体 1,748円)送料

上記図書のご注文は、お近くの書店に申し込まれるか、直接当協会出版部までお申し付け下さい。

〒170 東京都豊島区駒込1-43-11 TEL(03)3944-1561

郵便振替口座：東京1-177867番 EAX(03)3944-2103



水稻から園芸までの総合防除に
平成5年の主カライン・ナップ

いもち病・ムレ苗に

フジワン

育苗箱施用と本田散布で効果があります。

ウンカ・ヨコバイ類に

アプロード

省力防除の昆虫成長抑制剤です。

もんがれ病に

モンカット

治療と予防の唯一粒剤です。

ダニ専科。

ダニトロン

チクソトロビー性を有する高品質処方。

弊社の主要製品を
どうぞよろしく願います。



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号



おいしい笑顔の応援団
 人と畑と安心農薬。アグロ・カネショウがお手伝い。



連作障害を

シャット・アウト!!

刺激が少なく、安心して使用できる
 土壌消毒剤



® バスアミド 微粒剤

®ドイツ国BASF社の登録商標で、
 本剤は同社で製造されたものです。

バスアミドはオゾン層にやさしい土壌消毒剤です。



アグロ・カネショウ株式会社
 東京都千代田区丸の内3-1-1

長い効きめ、高い効果

クミアイ

アドマイヤー®

箱 粒剤 水和剤

① 粒剤 粉剤 DL



アドマイヤーは、まったく新しい系統の殺虫剤で、水稻の初期害虫～ウンカ類まで、長期間防除効果を持続します。野菜・果樹ではアブラムシ類やスリップス類などの難防除害虫にも高い効果を発揮します。



JAグループ

農 協

全農

経済連

※は登録商標です



自然に学び 自然を守る

クミアイ化学工業株式会社

本社：東京都台東区池之端1-4-26 電話110-91 TEL03-3822-5130

ニコッ。ハハッ。ウフフツの明日へ。



(除草剤) MO粒剤・9・ショウロンM粒剤・シンザン粒剤

(殺虫剤) トレボン粒剤・トレボン粉剤DL・トレボン乳剤・トレボン水和剤・トレボンエアートレボンサーフ・オフナックM粉剤DL

(殺菌剤) ネビジン粉剤 (殺虫・殺菌剤) ドロクロール・クロールピクリン



地球サイズで考えて

三井東圧化学

東京都千代田区霞が関3-2-5
TEL.03(3592)4616

昭和五十四年九月二十五日
平成五年九月二十五日
印刷(植物防疫第四十七卷第十号)
行(種月郵便一回一物日發行可)

定価七〇〇円(本体六八〇円)(送料五一円)