

ISSN 0037-4091

植物防疫

昭和五十六年 五月二十五日 印刷 第三十五卷 第五号	昭和五十六年 五月三十日 發行 (每月一回三十日發行)	昭和五十六年 五月九日 第三種 郵便物 認可
--	--------------------------------------	------------------------------------

1981

5

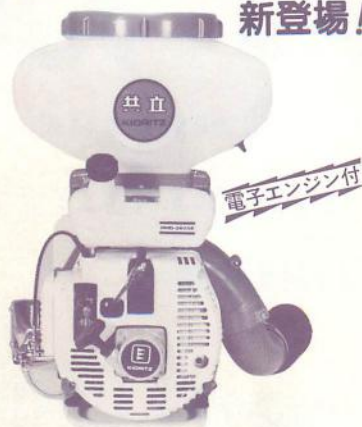
特集 昆虫の大量増殖

VOL 35

防除機の原点

追求すればする程、やはり共立になる。

農家のニーズを満載して——。
新登場!!



●農薬袋がスッポリ……

使ってうれしい大径投入口の共立動散

共立背負動力散布機
DMD-350AE

■良質米の安定増収・粒剤肥料の発達・DL粉剤の開発・フローダストの開発、さらに昨年の異常気象と、防除機見直しの気運が高まっています。ただ「農薬をまく」から、いかに省エネ時代にふさわしく作業をするかが問われる時代です。

共立は昭和30年、動散を世に送り出して以来、高性能小型2サイクルエンジンと、防除理論で日本の防除機の歴史をつくってきました。農家のニーズを適確に動散に反映させる——それが「防除機の共立」の使命と考えています。



株式
会社

共 立



共立エコー物産株式会社

〒181 東京都三鷹市下連雀 7-5-1

☎ 0422 (49) 5941

りんごの病害防除に!

黒点病・斑点落葉病

ピルノックス水和剤



大内新興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋小舟町 7-4

選ばれた信頼 デュポンの責任

自然を尊重し、自然との調和を大切にするデュポン。

豊かな自然から豊かな実りが生まれます。

デュポンは、一世紀にわたって

自然から学んだ貴重な経験を、

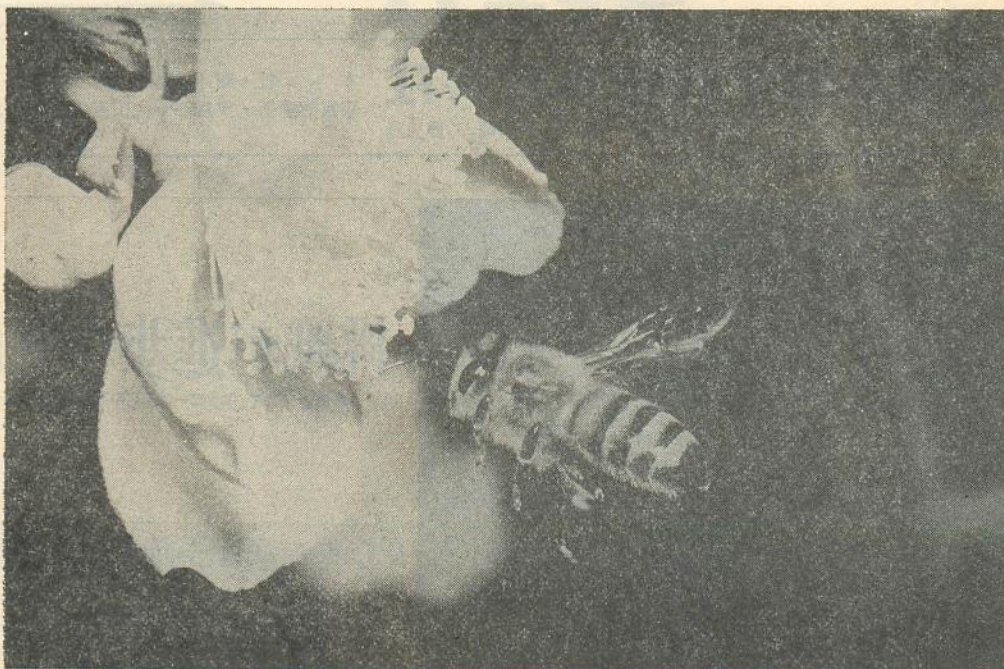
農薬づくりに生かしてまいりました。

そして、現在世界82カ国で愛用され、

収穫を見守っています。

デュポンを選ばれること、

それは、信頼を選ぶことです。



殺菌剤……ベンレート水和剤 ベンレートT水和剤20 殺虫剤……ランネート水和剤 ランネート微粒剤F
除草剤……ハイバーX カーメックスD ロロックス ゾーバー レンザー テュバサン ベルバー
デュポン ファー イースト 日本支社 農薬事業部 〒107 東京都港区赤坂1丁目11番39号 第2興和ビル

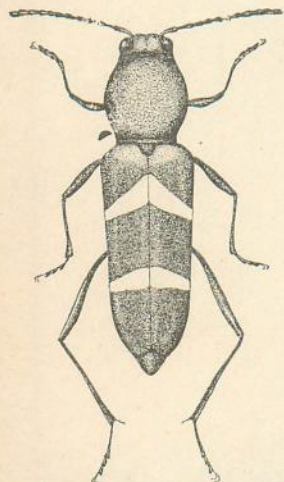
DU PONT デュポン農薬

確かな明日の
技術とともに...

病害虫の



は



トラサイド^A

(カミキリムシ類防除剤 愛称トラエース)

○コオロギ、ダンゴムシ、ナメクジ、カタツムリに

グリーンベイト

○水稲病害虫防除に新登場

オスメート粉剤

ラフサイド オフナツムM粉剤

○水でうすめられる線虫剤

ネマエイト

穿孔性害虫

誘引殺虫剤

水稲農薬

土壌消毒剤



サンケイ化学株式会社

東京・大阪・福岡・宮崎・鹿児島

本社・鹿児島市郡元町880
東京事業所・東京都千代田区神田司町2-1

挑戦が進歩をうむ。

よりよい農薬を求めて、ホクコーはあらゆる可能性に挑みます。

いもち病の予防と治療に!

強力な防除効果とすぐれた安全性

カスラフサイド[®] 粉剤
水和剤

いもち病の省力防除に効きめのながーい

ホクコー

オリゼメート[®]粒剤



取扱い

農協・経済連・全農



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-2

支店：札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

お近くの農協でお求めください。

植物防疫

Shokubutsu Bōeki
(Plant Protection)

第 35 卷 第 5 号
昭和 56 年 5 月 号

目次

特集：昆虫の大量増殖

昆虫の大量飼育の重要性とその問題点	湯嶋 健	1	
昆虫の大量増殖用飼料と飼育施設	玉木佳男・釜野静也	3	
昆虫大量増殖の機械化と問題点	仲盛広明・垣花廣幸	8	
カイコの人工飼料の開発とその実用化	堀江 保宏	14	
殺虫剤検定用供試昆虫の大量増殖	中山 勇	22	
耐虫性検定と供試昆虫の大量増殖	釜野 静也	28	
フェロモン剤開発のための昆虫の供試昆虫の大量飼育	田付 貞洋	32	
寄生性天敵の大量増殖	矢野 栄二	36	
捕食性天敵の大量増殖	古橋 嘉一	41	
天敵ウイルス生産のための昆虫の大量飼育	佐藤 威	45	
川村君を偲ぶ		50	
協会だより	21	学界だより	7
人事消息		27, 40, 44	

緑ゆたかな自然環境を…

「確かさ」で選ぶ……バイエルの農薬



●いもち病・穂枯れを防いでうまい米を作る

ヒノザン

●カメムシ・メイチュウなど稲作害虫に

バイジット

●アブラムシ・ウンカなど吸汁性害虫を省力防除する

ダイシストン

●ドロオイ・ハモグリ・ミズゾウムシなどに

サンサイド

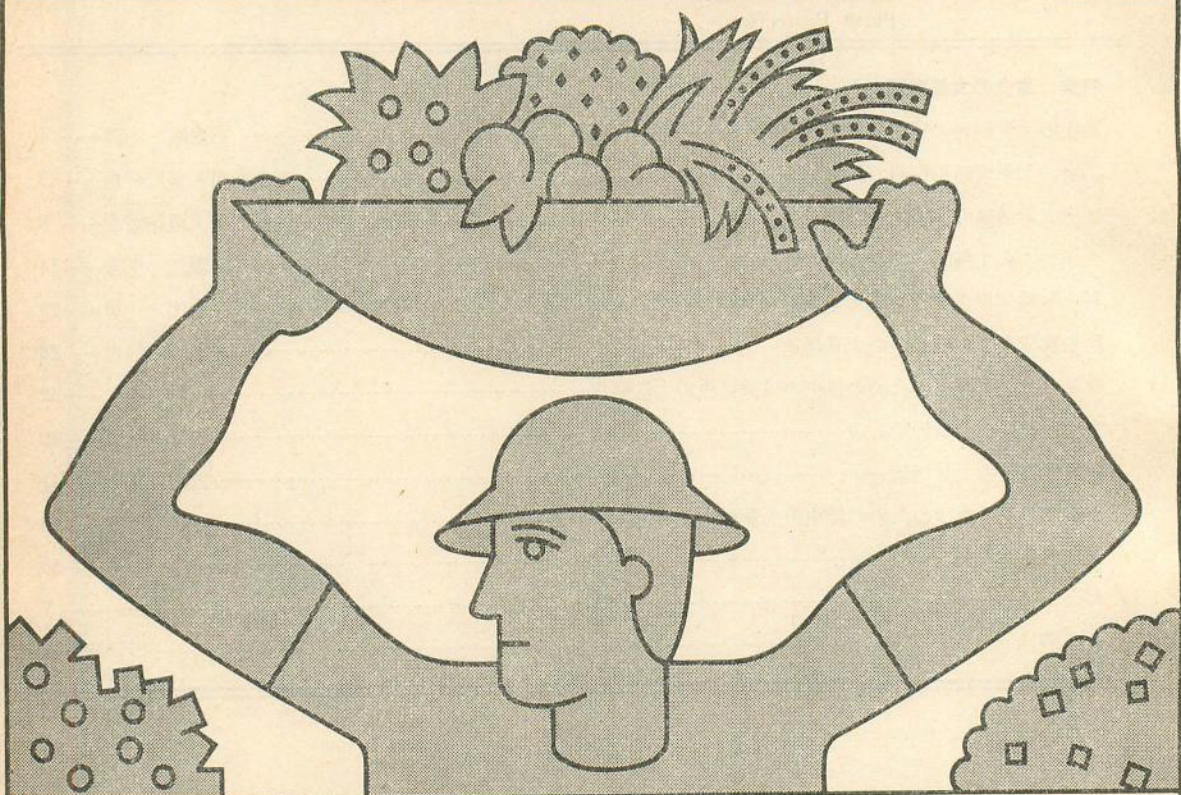
●各種作物のアブラムシに

エストックス

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋室町 2 - 8 103

"HUMANS & NATURE" FIRST



自然の恵みと
人間の愛情が
農作物を育てます

● 稲害虫の防除に
パダン®
● 稲もんがれ病防除に
バリダシン®



武田薬品工業株式会社
農薬事業部 東京都中央区日本橋2丁目12番10

昆虫の大量飼育の重要性とその問題点

農林水産省九州農業試験場 湯嶋 健

はじめに

厳しい第二次世界大戦が終わったとき、各国の研究情報が本当に狭い窓から我々に少しずつもたらされるようになった。ほんのわずかな情報源の一つであった日比谷のアメリカ文化センターに通って、外国論文の筆写に夢中になったのを思い出している。大きな衝撃を受けた論文の一つに Beck ら (1949) のアワノメイガの人工餌による飼育の研究がある。ウバロフの名総説 (1929)「昆虫の栄養と新陳代謝」を読んでいた筆者には、植物を食べる昆虫が人工的に調合した餌で飼育できるとは夢想もしていなかったからである。これらの研究は我が国にもいち早く取り入れられ、石井、平野、釜野、玉木らの害虫の栄養生理、吉田、福田、伊藤らのカイコを中心とした栄養生理に関する研究があるが、本格的な大量増殖については、ミバエ類を除いてはほとんど組織的な研究は行われていないと言ってよい。その原因はどこにあるのか、またどのような技術的な問題が残っているのかを述べてみたい。

I 大量増殖が期待される分野

筆者は「昆虫の人工食餌による飼育の現状と将来」(1962)の中で、将来利用されるであろう研究を幾つか挙げた。当時から既に 20 年近く経過しているが、当時の予測以上に現在重要性を持っているのは、大量飼育技術の確立に対する要望であろう。昆虫の大量増殖技術そのものはすべてが人工食餌によるものではもちろんないが、やはりかなりの分野においてはほとんど不可欠な技術となっていることも事実である。例えば天敵微生物、特にウイルスの大量生産をする場合には、天敵ウイルスに罹病していない健全な虫をまず大量生産し、次いでウイルスに感染させるという過程が必要だからである。また鱗翅目昆虫の多くは天敵微生物に侵されるから、生葉で飼育した場合にはとても大量生産にはつながっていかない。性フェロモンの研究者が必死になって人工食餌の開発を行っている理由の一つでもある。

また害虫に対する作物抵抗性の検定は、一般には場において成り行きにまかせて行われているが、既にトビイ

ロウカについては BPH 1 から BPH 4 に至るまでの系統があることが知られており、これらの系統を大量に保持していなければ実験データは不正確極まるものになってしまう。殺虫剤に対する抵抗性系統、感受性系統の保持が重要なものと全く同じ理由である。

古くて新しい問題として、天敵放飼の問題がある。我が国で最初に大量生産技術が確立したのは、ノシメダラメイガの卵の大量生産を基にしたズイムシアカタマゴバチの大量生産システムであるが、現在でもこれに勝るシステムはないし、特に捕食性天敵の増殖については実験室的段階を脱していない。

このように大量増殖は幅広い分野から要望されているが、これらの分野はいずれも現在進められている害虫管理の基幹技術でもあって、根本的に見直しをする必要があろう。

II 増殖技術上の問題

現在、ある程度の急速な進歩を見たものの一つに食葉性鱗翅目昆虫があるが、性フェロモン研究の必要性あるいは天敵ウイルス生産のために進歩したものである。しかし、その進歩そのものはある意味では変則的である。例えば、フェロモンの研究者がある害虫に興味を持つと、その研究者自身が飼育法を考案し、しかも大量生産に従事しながら本来の研究が続けられてきたからである。研究を急ぐために、ある程度増殖法の研究に成功すると、直ちに大量増殖に移るから、途中で思わぬ飼育の失敗に出会い、振り出しに戻るといった繰り返しをしている例が多い。したがって、どうしても飼育しやすい害虫から研究が始められ、例えばシタバガ亜科の昆虫のように狭食性のものは敬遠されてしまう。狭食性害虫の場合には、摂食因子の解明をはじめとする様々な基礎的な研究を必要とするから、とても二またを掛けながら研究するわけにはいかないからである。

採卵法についても全く同じであって、スズメガ科の昆虫の人工食餌はある程度はユニバーサルのものであるが、産卵が寄主植物以外にはなかなか行わないこと、卵塊で産み付けられないこと、大きな空間を必要とすることなど様々な問題を抱えている。では産卵に大きな空間をなぜ必要なのか、交尾前にあるいは交尾後に必要なのか、またこのこと自体が何を意味しているのか。このよ

うな根本的な課題は何一つ研究されていない。ここに述べたことはごくわずかな例であるにすぎない。

大量増殖においてほとんど研究がなく、しかも今後の大きな課題は虫質管理の問題である。野外から害虫を採集して大量増殖に移した場合、しばしば数世代は増殖率が下がり、やがて野外虫より高い増殖率となり、飼育が容易になるという現象が知られている。しかし、これらの飼育虫は世代を重ねるごとに野外虫とは異なった形質を示すということもよく知られている。その飼育虫の形質の変化をどのようにしてチェックするか、また目的とする研究に支障のある形質は何であるのか。現在様々な方法が提案されているが、その全部の形質をチェックすれば野外虫とは様々な点で異なり、大量増殖は不可能であることになってしまう。もしも、目的とする研究に支障のある形質があれば、どのような方法で正常に戻すかという研究が必要であろう。

III 大量増殖施設の設計

害虫は飼育が簡単であって、しかも狭い空間で簡単に育えると思っている人が多いが、それはとんでもない話であって、特に大量増殖施設は極めて清潔であることが必要である。特に人工食餌によって大量増殖を行う場合には無菌室の施設を持っていることが望ましい。また野外から昆虫を持ち込む場合には、少なくとも2世代目～3世代目以後に大量増殖室に持ち込むことが必要であって、予備飼育室内での個体管理による飼育によって、ウイルスを含む天敵微生物、寄生性昆虫の保有の有無の検定が必要である。これらの条件をほぼ備えている大量増殖施設は、筑波にある農業技術研究所のインセクトロンがあるにすぎないのではないかと思う。また、飼育室の面積に対して準備室及び作業室は予想外に大きな面積を必要とし、これを忘れて建設後に非常に困ることが多い。ここで一言いっておかなければならないのは、アメリカでの増殖施設の設計のシンポジウムの記録からすると、農技研のインセクトロンは中下の規模に属するものである。

IV 大量増殖工学及び生産経営

日本での増殖技術で最も遅れているのは、昆虫の生産についての工学的な研究であろう。最初に述べたように他の分野の研究者自身が増殖を行っているために、工学

的研究などとても余裕がないことに起因している。人工食餌を自動的に飼育容器に流し込み、卵を一定量ずつこの容器に接種する方法など、いくらでも改良の余地はありそうにみえながら、ほとんど細かい技術的な改良の面だけにのみ集中して、工学的な改善にはつながっていない。農技研では実際筆者自身を含めて研究室全員が、コカモンハマキの飼育容器に入れるパラフィン紙を手でもむ仕事に明け暮れたりすることもあったのである。研究者自身が増殖に従事すると、あたかも増殖に要する賃金は無料であるような錯覚に陥っていることも原因の一つでもあろう。したがって飼料材料をいかに改善し、また廉価にするかということに終始し、賃金を計算に入れた場合には、昆虫1頭当たりの生産額は意外に高いものになってしまうのである。もしも研究者自身の俸給をベースにして計算した場合には、とても想像もできないほどの高価額の昆虫になってしまう。また、どのような作業に最も労働時間を必要とするのか、この作業は改善しうるかというような面を含めての作業体系の検討が必要であろう。

おわりに

このように問題点をざっと洗い直してみると、ミバエ類を除けばほとんど大量増殖システムは確立していないし、将来もかなり非観的でさえある。今まで述べたように、今こそ大量増殖技術の確立を望まれているのであるが、これを阻む幾つかの要因があり、しかもなかなか解決の方向に向かっていないからである。

その一つは、育種あるいは栽培の研究をする場合には、ほ場、ほ場管理者、肥料、農機具を必要とするが、昆虫の飼育にも全く同じ措置が必要であることになかなか理解が得られないからである。農林水産省では数年前から、わずかながら昆虫飼育費が認められたが、いまだに飼育に要する賃金は認められていない。また、目先の研究だけではなく、大量増殖法に対する生理・生態・行動・生化学などの基礎的な研究者の確保が困難になりつつある。これら根本的な改善と、工学的発想による学際的な協力がなければ、いつまでたっても二またかけた研究者の献身的な労働が要求され、昆虫の大量増殖による新しい技術発展の夢はかなりはかないものになりかねない。

昆虫の大量増殖用飼料と飼育施設

農林水産省農業技術研究所 ^{たまき} 玉木 ^{よしお} 佳男・^{かまの} 釜野 ^{せいや} 静也

昆虫の大量増殖は昆虫学各分野の基礎的研究はもとより、害虫防除の新しい技術の開発や現場で今直面している色々の問題の解決など、昆虫を取り扱う様々な場面で最も基本的な重要な課題である。“目的の昆虫の必要数を常に確保しておくこと”この一見極めて単純なことは、実はなかなか大変なことである。そして多くの研究や技術開発が、対象とする昆虫の大量増殖の壁にさえぎられて行き詰まっている場合も多い。

さて、昆虫の大量増殖に際して最も基本的な問題は何か。それは、餌と施設と労力の三つである。ここでは具体的な例を挙げながら、これら三つの基本的問題について考えてみたい。

I 大量増殖用飼料の特性

昆虫を大量に増殖しようという場合、まず最初に考えなければならないのが餌の問題である。目的とする昆虫が広食性のものであっても、自然での食物を周年にわたって大量に供給することは、労力や施設から考えて不可能に近い。そこで大量増殖の基本となる餌の問題を解決するために、代替飼料や人工飼料の研究が長年にわたって進められてきた。その結果、現在では食植性昆虫にとどまらず捕食性昆虫や寄生性昆虫なども大量に飼育が行われるようになってきた。これら大量増殖に利用されている餌を、人工飼料と代替飼料に大別しその特性を述べる。

1 人工飼料

昆虫の人工飼料は、鱗翅目を中心に続々と開発され、既に非常に多くの飼料組成が発表され、一部は大量増殖に利用されている。大量増殖用の人工飼料としては、主材料が市販品で入手しやすく安価であることと飼料調製が比較的簡単であることが、基本的に望まれる条件である。この条件を満たし、現在多く使われているものに、インゲンマメ、キナコ、ふすま、コムギ胚芽、マウス・ラット飼育用飼料などがある。このうち小動物飼育用飼料は、栄養的に十分配慮されている混合物なので、今後利用の拡大が考えられる材料の一つである。大量の飼料を調製する場合に、機械を利用して混合するなど省力化や簡素化が進められている。しかし、飼料を寒天で

固める方式は、寒天が高価なので大量増殖用飼料としては、改良すべき問題点であろう。

これら材料を混合して人工飼料を調製するに際し、①栄養的に十分満足なこと、②物理的に摂食可能なこと、③摂食刺激物質を含むこと、④摂食・生育阻害の物質を含まないことを基本的に考慮しなければならない。しかし、現実に新しい餌を開発するのに上記4条件のすべてについて調べることは大変なので、普通は近縁種で作られた飼料、同じ植物を食う昆虫で作られた飼料、すなわち後述する共通飼料の考えで飼育を試み、改良を加えるのが近道である。

大量増殖用飼料でもう一つの問題は、飼料を変質させないで長く保たせることである。そのためにカビやバクテリアをそれぞれ対象にした防腐剤を混合して使用している。しかし、昆虫によって防腐剤に対する感受性が非常に異なるので、飼育が不成功な場合には、防腐剤を再検討してみる必要がある。現在使用されている防腐剤は、一般的に防腐力が不十分で、飼育途中にカビやバクテリアが発生することもしばしばある。そこで飼育昆虫に影響が少なく、より有効な防腐剤の開発が必要である。

2 代替餌や幼植物の利用

短い日数で餌として供給できる幼植物や長期間の貯蔵に耐える子実を餌とした大量増殖も多く報告されている。例えば幼植物を利用したものとして、イネの芽出しによるニカメイガやウンカ・ヨコバイ類の飼育、ナタネの芽出しを用いたコナガの飼育がある。子実を利用したものにはカメムシ類（穀類）、カイガラムシ類（カボチャ）などの大量飼育が知られている。これらでの飼育は、一般的に安定した結果が得られる。しかし、飼育に先立って餌となる子実や種子を計画的に確保しなければならない煩わしさがある。また小型昆虫の飼育には良いが、大型昆虫には不向きである。

II 共通人工飼料

人工飼料の研究初期から、同一飼料で多種類の昆虫が飼育できる共通人工飼料は、昆虫の人工飼育の夢として考えられていた。ADKISSON ら(1960)は、コムギ胚芽を主材料とした人工飼料で、ワタアカミムシを飼育した。その後この飼料で多くの昆虫が飼育できることが報告さ

Food Medium and Rearing Facility for Insect Mass Production by Yoshio TAMAKI and Seiya KAMANO

れた。一方, SHOREY と HALE (1965) は, マメを主材料とした同一飼料で9種類のヤガ類を飼育した。以後同一飼料で多くの種類を飼育する研究が進展し, 我が国でもヤガ類やハマキガ類で共通人工飼料が知られるようになってきた。

1 ヤガ類

ヤガ科は, 農作物害虫として非常に重要なグループで, 研究対象として多くの人達によって取り上げられているので, 報告された人工飼料の数も多い。その人工飼料の中には, 共通飼料として数種の昆虫に利用できることが明らかにされたものも多数ある。ここではハスモンヨトウの大量増殖用として開発され, その後比較的多くの昆虫を対象に飼育が試みられた飼料を共通飼料の例として取り上げてみたい。

第1表は, 小山・釜野 (1976) がハスモンヨトウの大量累代飼育用に調製された飼料で, インゲンマメ粉末, ウサギ・モルモット飼育用固型飼料, エビオスを主材料とし, これに防腐剤を加え, 寒天で固めたものである。この飼料は, 比較的簡単に調製できる。すなわち, 第1表に示した組成のうち, ホルマリンと寒天以外のものを秤量して混合物とする。これとは別に半量の水に寒天を溶かす。残り半分の水を混合物に入れ, これに熱い寒天溶液とホルマリンを加えてよく混合する。この混合物を貯蔵用の容器に入れて固まらせる。これで出来上がりという簡単なものである。しかも, 一度に 15~20 kg も調製できる点でも大量増殖用として優れている。一方, この飼料でハスモンヨトウを飼育した結果は, 比較的安定しており, 供試卵の 50% 以上の成虫が得られるので, 大量増殖用として十分である。

第1表 ハスモンヨトウ幼虫用人工飼料の組成

成 分	量	価 格 ⁴⁾
固型飼料粉末 ¹⁾	2,500 g	450円
インゲンマメ粉末	1,500	660
エビオス ²⁾	250	235
ダイズ葉粉末	200	—
アスコルビン酸ナトリウム	60	156
コレステロール	20	355
パラオキシ安息香酸メチル	60	112
オーロファックス-10 ³⁾	100	100
棒状寒天	160	496
ホルマリン	60 ml	25
水	11,000 ml	—
合 計 ¹⁾	15,910 g	2,589円

注 1) : オリエンタル酵母工業株式会社製, GC 4.

2) : エビオス薬品工業株式会社製.

3) : 武田薬品工業株式会社製, オーレオマイシン含有飼料添加剤.

4) : 1976 年の価格.

全く同じ飼料を用いて, 若村 (1978) はカブラヤガを累代的に大量飼育し, 好結果を得ている。しかし, カブラヤガの幼虫は, 中令以後土中に潜る性質と集団飼育では共食いする性質を持っているので, 飼育箱を仕切って個体飼育に近い状態にしたり, のこ屑を大量に入れ潜れるように工夫するなど飼育法を大きく変えている。一方, カブラヤガと同様な生活様式のタマナヤガでは, 同じ飼料で, 同じ飼育法を用い簡単に累代飼育を行っている。

先に示したハスモンヨトウ用の飼料を用い, 小島・中山 (1979) は, 数多くの鱗翅目昆虫の飼育を試みた。その結果, ヨトウガ, アワヨトウ, タバコガ, アワノメイガ, チャノコカクモンハマキの飼育に成功している。この場合にも, それぞれの虫の性質を考え, 飼育容器や飼育方法を改良している。しかし, ニカメイガ, コナガ, ニジュウヤホシテントウの飼育はできなかった。また, 高橋ら (1979) は, この飼料にふすまを加えて改良し, アワヨトウとクサンロヨトウを大量に飼育している。

2 ハマキガ類

ハマキガ類は果樹・チャなどの永年性作物を中心として問題となっている害虫であるが, このグループの多くの種の飼育には TAMAKI (1966) 及び山谷・玉木 (1972) によって開発された人工飼料に, アスコルビン酸を加えたものが共通人工飼料として使用できる。飼料の組成は第2表に示したが, これは飼育箱 (28×19.5×6 cm) 20~25 個分である。筆者らはこの飼料でチャノコカクモンハマキのほか6種のハマキガ(リンゴコカクモンハマキ, リンゴモンハマキ, チャハマキ, その近縁種 (*Homona coffearia*), アトボシハマキ, トビハマキ) の大量増殖を行い好結果を得ている。いずれの場合にも, ハマキガの特性である葉を巻く性質と蛹化場所を考慮して, パラフィン紙片を餌とともに与えている。飼育操作の詳細は, チャノコカクモンハマキの場合 (山谷・玉木, 1972) に

第2表 ハマキガ類の共通人工飼料の組成
(山谷・玉木, 1972 を一部改良)

成 分	量						
キナコ	400 g						
茶粉末	240 g						
エビオス	80 g						
粉末寒天	56 g						
アスコルビン酸	9~15 g						
防腐剤混液	80 ml						
4 N塩酸	40 ml						
水	1,800 ml						
防腐剤混液の組成 :	<table> <tr> <td>プロピオン酸ソーダ</td><td>50 g</td></tr> <tr> <td>デヒドロ酢酸ソーダ</td><td>6.3 g</td></tr> <tr> <td>水</td><td>500 ml</td></tr> </table>	プロピオン酸ソーダ	50 g	デヒドロ酢酸ソーダ	6.3 g	水	500 ml
プロピオン酸ソーダ	50 g						
デヒドロ酢酸ソーダ	6.3 g						
水	500 ml						

準ずるので省略するが、卵塊接種量は種に応じて加減し、一箱当たりの密度を調節する必要がある。それぞれの種での箱当たり蛹収量は第3表に見られるとおりである。

以上のヤガ科及びハマキガ科についてみられたように、ある昆虫に好適な人工飼料は、相当多数の昆虫に共通的な飼料として利用できるが、その場合にそれぞれの虫の性質によって、飼育方法は工夫する必要がある。

III 飼育施設

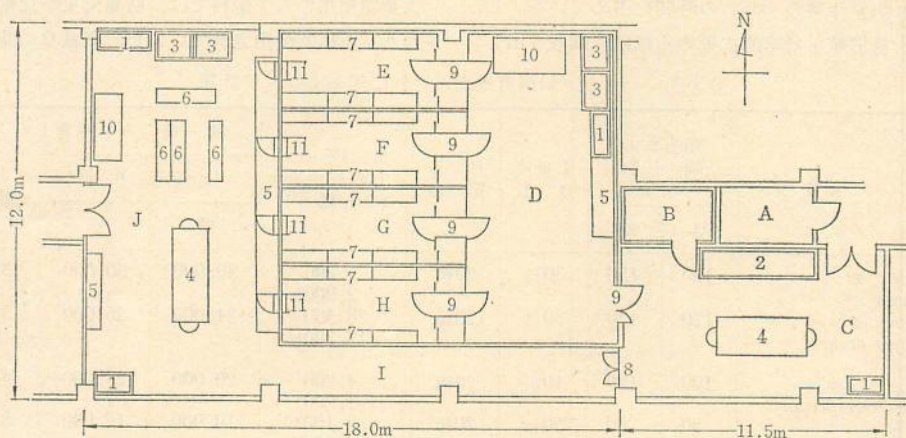
昆虫の飼育施設は環境の制御が可能な飼育室及び飼育のための各種作業を行う付帯施設の二つから成る。このような施設は一般にインセクトロン (insectron) と呼ばれることが多く、昆虫の飼育・増殖が効率的に行えるか否かは、この施設の良否にかかる部分が大い。特に人工飼料を用いた飼育の場合には飼料の微生物汚染を最小限に抑えるために、飼育室とその周辺をクリーンルームの条件にすること及び飼育作業全体の流れを考慮した機能的な設計が必要である。以下に農業技術研究所のインセクトロンを具体例として紹介する。

この施設は2階建、延べ面積 1,020 m² で1階は主として幼植物、子実などを用いた飼育を目的としている。飼育室は一般飼育室8室 (15~20°C: 2室, 25~30°C: 6室)、天敵飼育室2室 (20~25°C: 1室, 25~30°C: 1室)、及び低温飼育室 (5°C) 2室の合計 12 室である。各室は低温飼育室を除き各々独立にユニット形空調機を備えているが、冷却には一括製造された冷水

(7°C) またはブライン (1°C) を三方弁による比例制御で循環させており、制御精度はいずれも $\pm 2^{\circ}\text{C}$ である。湿度制御は蒸気ボイラーで一括製造した蒸気を二方弁の on-off によって送り、制御範囲と精度は $50\sim 70\pm 10\%$ である。各室の面積はいずれも 15 m² であるが、主として代替飼料による飼育を考えているために各室とも飼育棚のほかに小型サイドテーブルと流しを備え、作業しやすいようにした。なお1階にはこれらの飼育室のほかに、飼料調製室、容器・機具洗浄室、調査室、準備室、倉庫などを配置した。

2階は人工飼料による飼育専用設計したもので、その主要部分の概略は図のとおりである。D の前処理室 (50 m²) 及び E~H の飼育室 (各室 17.5 m²) がクラス 10,000 のクリーンエリアとなるように高性能フィルターを装着した吹き出し口を備えている。飼育室の温度は $25\sim 30\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度制御範囲 $50\sim 70\pm 10\%$ で4室中2室ずつが独立に制御可能となっている。日長制御は1階の一般飼育室同様各室独立にタイマーで行う。

作業の流れは、人工飼料調製室 (C) で作られた餌が前処理室 (D) に持ち込まれ、ここで滅菌された飼育箱に詰められる。卵塊の表面殺菌、接種もこの室内で行われ、接種後各飼育室内に搬入される。ここで一定の期間 (蛹化率 95% 以上) を経過した後には飼育箱はバスボックスを経て汚染物処理室 (J) へ搬出され、ここで蛹の取り出し、箱の洗浄と一次滅菌を行う。一次滅菌後の容器は通路 I を経て再び前処理室に入り、ここの滅菌水槽で二次滅菌を受けながら、新しい餌の準備を待つことになる。



人工飼育用飼育施設の一例 (農技研インセクトロン2階の一部)

- A: 原料保存室, B: 人工飼料冷蔵室 (5°C), C: 人工飼料調製室, D: 前処理室, E~H: 無じん飼育室 (25~30 $\pm$ 2°C, 50~70 $\pm$ 10% RH), I: 通路, J: 汚染物処理室
 1: 流し, 2: 床流し, 3: 滅菌水槽, 4: 実験台, 5: サイドテーブル, 6: 可動乾燥棚, 7: 飼育棚, 8: 自動ドア, 9: エアーカーテン及び扉, 10: ユニット空気調和機, (夏期 26°C, 冬期 22°C に制御), 11: バスボックス

なお第1図の左側はフェロモンなどの行動制御物質関係の生物検定施設に接して、飼育された昆虫の供試の便が図られている。

以上に紹介したインセクトロンは、特別の例外を除いて昆虫の一般的な大量増殖のための基本的条件を一応満たしているものと言えよう。しかし、昆虫の種によって飼育条件は大幅に変わるものであり、対象昆虫ごとに飼育設備などを工夫する必要があることは言うまでもない。また、前述のインセクトロンのクリーンエアはプレハブの組み込み式構造をとっているが、これは将来の施設そのものの改良を容易にする条件でもある。

IV 飼育労力と経費

昆虫の大量増殖における基本的な作業として、採卵、幼虫の飼育、蛹の取り出し、成虫の保護、飼料の調製、飼育容器の殺菌、飼育容器の洗浄、飼育施設の管理などがある。これらのうち、採卵、幼虫の飼育、成虫の保護、飼料の調製、飼育施設の管理は、ある程度の熟練を要するが、蛹の取り出し、飼育容器の殺菌・洗浄などは、全く単調な作業である。これら作業をあらかじめ計画的に組み合わせておかないと大量増殖全体に支障を来すことがある。例えば、チャノコカクモンハマキの飼育では飼育箱一箱（雌雄合計約300の蛹収量）当たりの作業時間は概算で次のとおりである。餌作り1分、餌づめ2分、接種3分、蛹取り出し30分、雌雄分け8分、産卵準備1分、箱の洗浄1分、合計約46分。すなわち、この一連の作業での制限因子は蛹の取り出しと雌雄分けであり、これが全作業の83%の時間を占めている。したがって、大量増殖を効率的に進めるには、蛹取り出し

と雌雄分け作業の時間配分を考え、これと幼虫発育期間（この間は手が掛からない）との兼ね合いで全体計画と時間配分を考える必要がある。

昆虫の飼育は、一般に考えられる以上に労力が必要なもので、大量増殖となると労力が更に多くかかるのは当然なことである。これまでに大量増殖を行った場合の必要経費が色々の昆虫で試算されているが、どの場合も労賃は、飼育材料費以上にかかっている。第3表は数種のハマキガ類を2名のアルバイトと一部研究者の応援（0.6人分に計算）によって数か月間実際に飼育したときの概要である。このデータに基づいて行ったコスト計算の結果が第4表である。これに見られるとおり、チャノコカクモンハマキの場合には約240万円の年間経費で雌雄合計72万頭の蛹が得られることになる。しかし、この経費の中には飼育にかかわる光熱水費は含まれていない。また、収量については飼育環境によっては微生物汚染による収率低下がある。成虫単価は表に見られるように種によって異なるが、チャノコカクモンハマキの場合には3円29銭である。本種は食植性昆虫のうちでも大量増殖法が高度に確立したものであるが、それにもかかわらず、必要経費の93%は人件費である。その他の多くの食植性昆虫については特殊の例外を除いてその単価は更に大きくなり、人件費の占める割合と労力も大きくなることが予想される。

しかし、労力及び経費は飼育方法の改良、飼育施設の改善、労力の均等配分などによって、相当合理化できるので、常に改善することを考えておくべきである。

大量増殖用の人工飼料では、防腐効果が比較的高いホルマリンが広く使用されているが、刺激臭が非常に強い

第3表 ハマキガ類飼育概況とそれに基づくコスト計算

種名	箱当たり 蛹数		1世代 日数	月産 箱数	実 際 の 月産成虫数 () 雌 内	単一種のみを飼育したときの		
	雌	雄				月 産 成 虫 数		単 価
						雌	雄	
チャノコカクモンハマキ <i>Adoxophyes</i> sp.	150	150	30日	20箱	5,700 (2,900)	30,000	30,000	3 円29銭
リンゴコカクモンハマキ <i>Adoxophyes orana</i> <i>fasciata</i>	120	130	30日	120箱	28,500 (13,700)	24,000	26,000	3 円95銭
リンゴモンハマキ <i>Archippus breviplicanus</i>	100	120	40日	20箱	4,200 (1,900)	20,000	24,000	4 円48銭
チャハマキ <i>Homona magnanima</i>	50	60	50日	20箱	2,100 (1,000)	10,000	12,000	8 円97銭
アトボンハマキ <i>Hoshinoa longicellanus</i>	30	50	60日	40箱	3,000 (1,100)	6,000	10,000	12円33銭
トビハマキ <i>Pandemis heparana</i>	80	100	50日	36箱	6,200 (2,700)	16,000	20,000	5 円48銭
				計256箱	49,700 (22,400)			

第4表 ハマキガ類飼育のコスト計算

飼育作業従業者	常時 2.6人
月当たり人件費 (470円×6時間×25日×2.6人) =	183,300円
飼育箱1箱当たりの餌代	70円
2.6人による月産飼育箱数	200箱
月当たり餌代	14,000円
月当たり餌代+人件費	197,300円
年間経費	2,367,600円

ので、毎日飼料を大量に調製するようときには、作業
者への影響を考えなければならない。また、飼育容器な
どの殺菌に用いる次亜塩素酸液も皮膚を痛めることがあ
るので注意しなければならない。このように大量増殖に
なると作業上の安全にも常に配慮が必要である。

引用文献

- 1) ADKISSON, P. L. et al. (1960) : J. Econ. Ent. 53 : 759~762.
- 2) SHOREY, H. H. and R. L. HALE (1965) : J. Econ. Ent 58 : 522~524.
- 3) 小山光男・釜野静也 (1976) : 植物防疫 30 : 470~474.
- 4) 若村定男 (1978) : 植物防疫 32 : 390~394.
- 5) 小島一郎・中山 勇 (1979) : 応動昆 23 : 261~263.
- 6) 高橋正三ら (1979) : 応動昆 23 : 78~81.
- 7) TAMAKI, Y. (1966) : Appl. Ent. Zool 1 : 120~124.
- 8) 山谷絹子・玉木佳男 (1972) : 植物防疫 26 : 31~34.



○雑誌「Review of Plant Protection Research」の最新号刊行さる

日本植物病理学会・日本応用動物昆虫学会・日本農業
学会の3学会編の標記雑誌「Review of Plant Protection
Research」の最新号 Vol. 13 (1980) が刊行された。同
誌は植物防疫の分野において我が国の研究者が中心にな
って行った研究成果の英文総説誌である。B5判, 132
ページで1部 2,000円(送料とも)。なお, Vol. 1~
12のバックナンバーも全部在庫あり, 各号とも1部
2,000円。

申し込みは下記へ

アカデミア洋書株式会社
(〒113 東京都文京区本郷 2-39-6)

“植物防疫事業三十周年記念誌”

「植物防疫三十年のあゆみ」

(1部 6,000円 送料サービス)

若干の余部がありますので実費頒布いたします。
ご希望の方はお早目に下記宛お申し込み下さい。

(社) 日本植物防疫協会内
「植物防疫推進協議会」

本会発行新刊図書

昆虫フェロモン関係文献集 (V) B5判 57ページ 500円 送料 200円

(V) は 1977 年までの追加と 1978~79 年の文献を集録

既 刊

昆虫フェロモン関係文献集 (II) B5判 46ページ 400円 送料 200円

同 上 (III) 〃 59 〃 530円 〃 200円

同 上 (IV) 〃 24 〃 350円 〃 200円

(II) は (I) 以外の 1970~73 年の追加と 1976 年 3 月までに発表された昆虫の性フェロモンの一覧表及
び INDEX と関連文献を付表として併録

(III) は 1970~73 年の追加と 1974~76 年の論文文献を併録

(IV) は 1976 年までの追加と 1977 年の文献を集録

昆虫の大量増殖の機械化と問題点

沖縄県農業試験場八重山支場 ^{なか}仲 ^{もり}盛 ^{ひろ}広 ^{あき}明
 沖縄県農業試験場 ^{かき}垣 ^{はな}花 ^{ひろ}廣 ^{ゆき}幸

はじめに

昆虫の大量増殖は不妊虫放飼法などの遺伝的手法による害虫の防除をはじめ、天敵の増殖・放飼、生理活性物質の解明などの研究において基礎となるものである。過去 10 数年の間に大量増殖される昆虫の種類は日増しに増加してきている。一方、その生産規模は飼育の難易度と利用目的により様々で、週産数 100 万から数億頭に達する増殖技術が確立されている例は世界的にみてもわずかの種に限られている。

週産数 100 万頭以上の生産規模を達成するためには、飼料、採卵法、飼育管理などの基礎的な飼育技術が確立されていなければならないことは当然であり、そのうえに飼育作業の単純化、ルーチン化、また機械の導入などによって生産効率を高めることが不可欠である。そして、この生産効率を向上させるための研究は、昆虫の大量増殖における主要課題となっている。

ところが、過度の生産効率追求は昆虫の自然条件下での行動特性をも無視することになり、人為的条件下で極端に飼いならされ家畜化 (domesticate) した虫を作り出すようになる。その結果、近年、虫自身の本来持っている性質を失うことなく増殖する、いわゆる品質管理 (quality control) の重要性が強調されるようになってきている。このように本稿の主題である機械化の問題点とは、大量増殖における生産効率の追求と、人為的条件下で昆虫の自然特性をいかに失わせることなく飼育するかという矛盾する命題の間に横たわる品質管理の問題にはかならない。

ここでは不妊虫放飼法への利用を目的とし、実用的な意味で大量増殖が行われているラセンウジバエ (*Cochliomyia hominivorax*) とミバエ類 (Tephritidae) について以上の観点から述べる。

I 外国の大量増殖の現状

1 ラセンウジバエ

本種は不妊化法を適用して根絶に成功した最初の害虫
 Mechanization and Quality Control in Insects
 Mass Production By Hiroaki NAKAMORI and Hiro-
 yuki KAKINOHANA

として有名である。大規模な大量増殖工場はアメリカテキサス州 ミッションとメキシコ チアパス州 トクストラグチエレスの 2 箇所にあり、両工場とも週産数億頭の不妊虫を生産、放飼している。事業と飼育法の詳細は本誌第 32 巻第 9 号、垣花 (1978) を参照していただきたい。ここでは、アメリカ テキサス州 ミッションの飼育法についての概略と機械化について述べる。

野外個体群を室内に導入し累代飼育を続ける場合、導入直後の 3~4 世代目には生産効率が 1~2 世代目よりも低下するが、その後急速に増加し、高い生産効率を維持し安定する (BOLLER, 1972)。

このことから、大量増殖に用いられる系統は、あらかじめ人為的な大量増殖システムに適応させるための選択が行われる。本種の野外生息虫は長期間にわたって産卵を繰り返す。しかし、大量増殖効率を高めるためには、産卵前期間が短く、集中的に産卵する形質の虫が望ましい。そのため、より早く産卵された卵のみを次世代虫として飼育し、それを 10~12 世代繰り返すことによって早熟多産型の系統を育成した後、これを大量増殖系統として工場内に導入する。

成虫飼育箱 (105×165×180 cm) の内部はハエの止まり場所を増すため多数の布がつるされている。飼育密度は 1 台当たり 6~7 万頭である。採卵は 1 台の飼育箱で 1 回行われ、それを飼育して得られた蛹の一部は次世代の増殖用にストックされる。したがって、前述の系統育成期の早熟型への選択圧が引き続き工場導入後も加わることになる。

回収された卵は毎日 8 時間おきに小型のバットに 7~8 g (14~16 万個) ずつ接種される。幼虫は発育に応じて 4 段階にだんだん大きなバットに移されていき、最終的には 120×150×45 cm の大型バットが用いられ、大型幼虫室に移される。各バットには温度をウシの体温と同じにするための電熱線が付いている。幼虫室の温度は 35~38°C、照明は全明条件である。大型幼虫飼育室にはモノレールにつり下げられた飼育フレームがあり、各フレームには大型バット 4 枚が収容される。このフレームは幼虫の発育に応じて、モノレールによって老熟幼虫回収室に移動する。メキシコの工場では幼虫飼育棚が固定式

になっている。古い餌は真空ポンプで吸い取られ、新しい餌が配管によって分配される。老熟幼虫は培地からはい出しバットを離れ、溝に向けてこう配のある床に落ちる。溝には水が流れており、そこに落ちた幼虫は水とともに1個所に集められポンプで吸い上げられ、水を切って幼虫が回収される。

回収された幼虫は約7 lのおがくずの入った蛹化箱に3 l (1 l = 10,000) ずつ入れられる。蛹化箱は幼虫飼育用のバット同様、モノレールにつり下げられたフレームに置き蛹化室で保管される。蛹化した蛹はベルトコンベアーへ接続する振動篩別機でおがくずと分けられる。ふり分けられコンベアーで運ばれた蛹は蛹保存棚に乗せ、再びモノレールで蛹保存室に移動する。モノレールにつり下げられた蛹保存棚は常時わずかずつ移動し、5.5日後には出口に出てくる。

ここで生産された蛹の重量は幼虫期に高密度で飼育されたため野外のそれより軽く、羽化した成虫の大きさによって放飼虫と野生虫の区別が可能である。この点でも生産量を重要視した考え方がうかがえる。

得られた蛹は放射線照射用の金属製円筒に入れられ、ベルトコンベアーで放射線照射室へ運ばれ不妊化された後、更に蛹バック室まで運ばれ、輸送、放飼の過程に入る。

全体の飼育システムを通して特徴的なことは、機械の導入されている部分のほとんどが幼虫、蛹などの移動作業工程であり、熟練を要する採卵、卵接種、幼虫や成虫の保護などは人手によってなされていることである。

これらの生産過程を通じて、採卵量、ふ化率、蛹の歩留まり、羽化率などの諸要素が記録されており、これが生産量と品質の安定化に役立っている。

2 ミバエ類

ミバエ類で最も大規模機械化の進んでいるのは、メキシコで行われているチチュウカイミバエ (*Ceratitis capitata*) の大量増殖である。生産規模は1980年6月現在、週産5億頭で、職員数が増殖部門のみで130人である (PATTON, 1980)。当事業の概要は本誌第34巻第6号、小山 (1980) を参照していただきここでは増殖の機械化システムについて述べる。

増殖システムの開発は国際原子力機関の NADEL、不妊化と放飼システムはハワイミバエ研究所の OHINATA と TANAKA によってなされた。一連の作業は徹底した合理主義で貫かれ、虫の持つ性質や各飼育器具類は機械化を可能にするための選択、工夫がなされている。

成虫室は 27°C、24 時間照明である。成虫飼育箱 (279 × 198 × 20 cm) は縦長で、幅広い両面は網張りである。

成虫は特別な産卵刺激を与えなくてもこの網面を通して外部に産卵する。この卵を飼育箱の両側に配置した樋の水中に受け、水とともに回収する。このように網面だけで産卵する性質は3世代の選択によって実現したという。これは沖縄でのウリミバエ飼育で採卵用果汁として、寄主植物であるカボチャのジュースが使われたのと同対照的である。

回収された卵はポリエチレン製のびんの中に水とともに入れ、空気を吹き込んで保管する。このびんに48時間入れておくと、20~70%の卵がふ化する。これを幼虫培地の上に振りまく。

幼虫の餌は飼料室で大型ミキサーによって混合され、圧送ポンプによって幼虫室に送り出される。培地の出口にはローラーコンベアーに乗ったバットが送られ、それに10 kg ずつの培地が入れられ、表面に卵と幼虫が振りまかれる。幼虫培地の厚さは6~7 cm になっており、通気を良くするため、サトウキビのしぼりかす (バガス) が入れている。幼虫は培地内にトンネルを掘って、バットの底に達する。接種を終えたバットは人力で移動できる車輪のついた棚に置かれる。7日間で老熟した幼虫は培地の底部を摂食しており、幼虫と培地を分離することが困難なため、両者を分離するための分離器に入れられる。

ミバエ類は通常、老熟すると寄主から自力で抜け出す性質を持っている。幼虫培地の厚さを増すことによって、バット1枚当たりの幼虫収容量を増すことができるが、その反面、前述したミバエ類特有の性質を抑えることになる。これは沖縄において幼虫飼育容器の開発が幼虫の飛び出し行動を保障することを第一として考察されたのと対照的である。

幼虫と餌の分離は六角筒状の分離器 (長さ 220 cm、直径 140 cm、6面はメッシュ板) に培地ごと幼虫を入れてなされる。この分離器は4分ごとに1/6回転し各面を下に向け、下面のメッシュ板をくぐり抜け、はい出た老熟幼虫が回収される。1回の分離で80~90%の幼虫が回収される。しかし、その回収率の安定性に問題があり (現在はまだ40%の幼虫しか回収できない場合があるという)、改良試験が行われている。

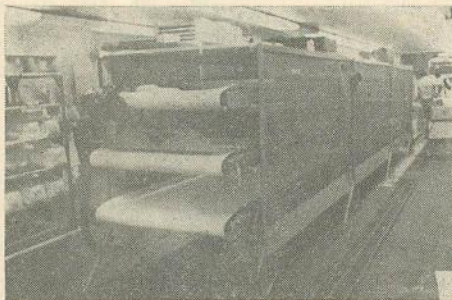
回収された老熟幼虫は2 l ずつ1 l のパーミキュライトに混ぜて蛹化させる。これは沖縄における飼育がおがくず20 l に対し幼虫1.7 l であるのに対し、極めて高密度での蛹化であることがうかがえる。蛹化は45 × 70 cm の浅い網底の容器でなされ、同じ容器を積み重ね、その間に幼虫をはさみ込むことによって幼虫の逃亡を防いでいる。全幼虫が蛹化した容器は積み重ねを解いて棚

に移され4日間保管した後、回転篩別機で蛹とパーミキュライトが分離される。篩別機は長さ 135 cm、直径 90 cm の六角筒状の網で斜めに置かれ、モーターで回転する。

ふるった蛹は直径 27 cm、高さ 50 cm の蛹保管用ポリびんに 8 l (1 l = 120,000) ずつ入れて保管される。蛍光マークは蛹の眼色が黒くなる時期に 1 l の蛹当たり 2 g の蛍光色素を機械でまぶすことによってなされる。マークされた蛹は再びポリびんに戻され保管される。蛹保管中はポリびんを回転させながら乾燥空気を通気することによって代謝熱を放散させる。このような蛹保存法は、空間利用効率を高めることができる反面、たえず振動刺激を与えることで自然環境とはかなり異なり、好ましくないように思える。

同工場では機械化と同時にスペースの節約が一貫して採られているが、ここでもかなりの労働力が同時に投入されている。

ハワイミバエ研究所の TANAKA は幼虫と蛹を同時に飼育できるベルトコンベアー方式を開発した (第1図)。装置は長さ 7 m、幅 1.5 m のベルトコンベアーを回転させながら、混合された培地を圧送ポンプで送り、平たく押し伸ばす。それと同時に連結された卵接種用の圧力ポンプでグアバジュースと卵の混合液をノズルを通して表面に接種する。老熟幼虫はベルトの両サイドに付けられた水の張ってある樋に落ちるので、水を流して幼虫が回収される。幼虫培地の上面には培地から幼虫を追いつきに使用するノズルが付いており、そこから散水することによって幼虫の飛び出し行動を刺激し、培地から幼虫が分離される。幼虫を分離した後ベルトを回転させ、別の側から残った培地を処分する。この装置の同じベルトコンベアーの縁を高くして、パーミキュライトと老熟幼虫を入れ、この中で蛹化が行われる。蛹化後、一方の側に篩別機を連結し、コンベアーを作動させながら蛹とパーミキュライトをふるい分ける。こうして幼虫から蛹



第1図 ベルトコンベアー方式によるミバエ類の幼虫と蛹の飼育装置(ハワイミバエ研究所試作)

の篩別まで一環したシステム管理が容易な反面、スペース効率や洗浄、消毒とコストの面で問題があるように思える。なお、これはまだ試作機の段階で実用化はされていない。

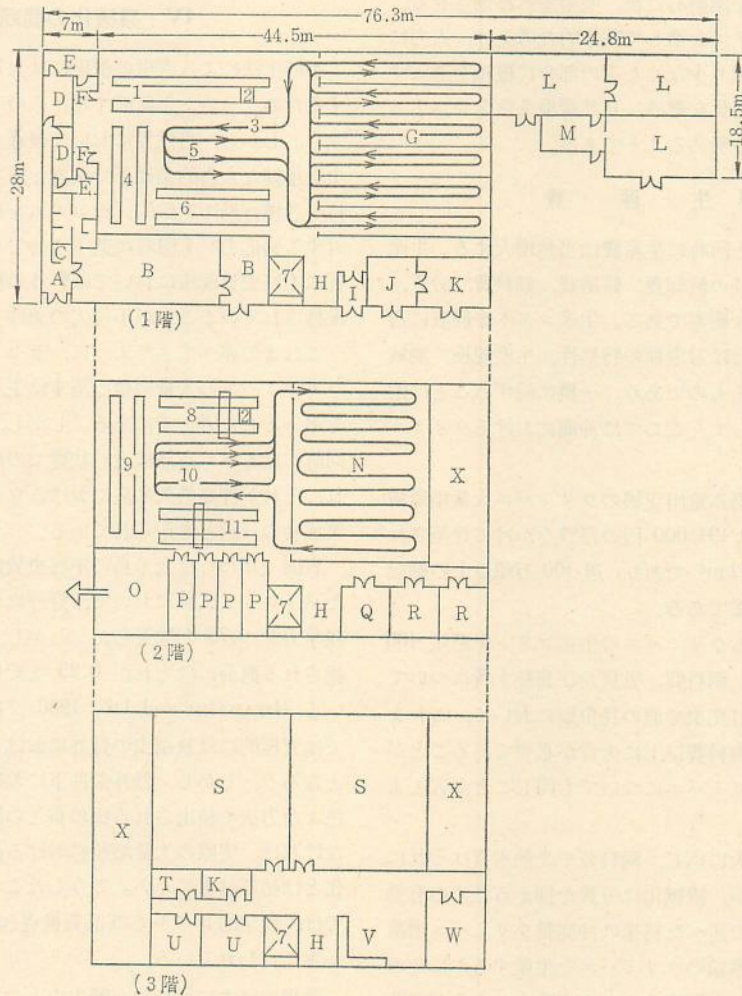
II 沖縄県におけるウリミバエ大量飼育の機械化計画

沖縄県はこれまでの経験から沖縄本島のウリミバエを根絶するのに週産 1 億頭以上の不妊虫放飼が必要であると推定した。久米島において放飼された不妊虫は週産 400 万であり、その 25 倍の生産規模が必要とされる。そこで、工場内部は久米島での放飼にあたって確立された大量増殖技術をもとに、諸外国における例を参考にしながら機械化による生産効率の高い増殖システムを設計し、現在建築が進められている。

同施設は総面積が 4265.6 m²、1 階が幼虫、2 階に蛹、3 階は成虫の飼育及び作業場からなる (第2図)。同工場は今後の根絶地域となる沖縄本島に建設されることから、非照射虫 (末不妊代虫) の施設からの逃亡は許されない。したがって、内部は開放部分と閉鎖部分に分かれ、閉鎖部分への出入りは厳しくチェックされる。また閉鎖部分の勤務者は、原則として勤務終了まで外出が禁止される。閉鎖部分での機械類の保守、修理はできる限り内部で行う。荷物を外に出すときはホットルームで高温殺虫処理後行う。各飼育室の光周期は原則として野外条件に同調させる。以下、成虫、幼虫、蛹の順に飼育システムの基本的な考え方を説明する。

3 階の成虫飼育室は 2 室からなり、各室に 240 台の成虫飼育箱を収容する。飼育箱は 60 × 90 × 120 cm、1 台につき 5 万の成虫を飼育する。飼育箱の配置、洗浄は人力で行い、飼育期間中の飼育箱の移動は行わない。毎週 60 台、300 万の成虫が採卵用となる。採卵は各室につき週 2 回の計 4 回人力で行い、7 週間飼育する。そのうち 2 週間は産卵前期間、残りの 5 週は採卵期間である。

幼虫飼育室は 6 室あり、そのうち採卵日に合わせて 5 室で飼育、1 室は洗浄、消毒に供される。幼虫培地の計量と混合は開放部分で行い、閉鎖部分に圧送ポンプで送り、コンベアー上に置かれた飼育用バットに一定量ずつ入れる。培地表面はこてでならし、表面にチリ紙を敷いた後、卵接種をしフレイムに積み込む。バットの移動はモノレールによって行い、1 室につき 30 のフレイムを収容する。1 室の生産能力は週 3,120 万頭である。老熟幼虫の培地からの分離は飼育温度を 27°C から 20°C に落とし、更に培地表面に散水することによって飛び出し行動を刺激して行う。老熟幼虫は幼虫室の床にある水を



第2図 沖縄県ウリミバエ大量増殖工場の平面図 (完成予定 1983 年)

A: 入口, B: 事務室と会議室, C: 監視室, D: ロッカー室, E: シャワー室, F: 着衣室, G: 幼虫飼育室, H: 階段, I: ホットルーム, J: 飼料混合室, K: 飼材倉庫, L: 機械室, M: 操作室, N: 蛹化室, O: 蛹積み出し室, P: 蛹保管室, Q: 保守管理室, R: 品質管理室, S: 成虫飼育室, T: 準備室, U: 野外系統保存室, V: 採卵及び成虫ケージ洗浄, 消毒室, W: 休息室, X: 空調室

1: パット取り出し, 洗浄, 2: 老熟幼虫回収, 3: フレーム洗浄, 4: パット保管, 5: フレーム保管, 6: 幼虫培地供給, 卵接種及びパット積み込み, 7: リフト, 8: 幼虫, おがくず混合, 9: 蛹化箱保管, 10: フレーム保管, 11: 蛹師別

張った幼虫回収溝に落とし、水流によって一か所に集め、水と幼虫の混合物を2階の蛹化作業室にリフトで引き上げる。幼虫培地残渣は自動的にパットからかき取り、残った幼虫とともに焼却する。パット洗浄はベルトコンベアーに連結された自動洗浄機で行う。洗浄、消毒の済んだパットはパット保管用フレームに乗せてパット置場で保管する。

蛹化室の蛹の収容方式、蛹化箱の積み込み、移動などは基本的には幼虫飼育と同じである。おがくずは施設外

部に設けられたサイロからダクトを通して蛹化作業室へ運び込む。一定量のおがくずと幼虫を入れた蛹化箱は、モノレールにつり下げられた蛹化フレームに積み込む。この蛹化フレームは蛹化室で4日間保管した後、5日目に取り出し自動師別機によっておがくずと蛹を分離する。ふるい分けられた蛹は網底の蛹保存棚に薄く広げ、ストックごとの発育を調整するため、任意の温度にセットされた蛹保存室に移動させる。おがくずは師別機の下に設けられたコンベアーによって再利用のために回収さ

れる。蛹は羽化日を調整した後、照射室へ移動させる。

全体の飼育システムを通して基本的な考えは、人力による作業をできる限り少なくしその部分に機械を導入すること、極端な家畜化を避け、自然環境条件をシステム内に取り入れるよう努めることである。

III 生産費

生産規模の拡大と同時に生産費は当然増大する。生産費は施設、機械器具の償却費、修繕費、飼料費、労賃、光熱水費などが主な要素である。生産コストや経費に占めるそれぞれの割合は対象種の特異性、生産規模、地域性によって変動するものであり、一概に論ずることは困難である。したがって、ここでは沖縄におけるウリミバエを例に述べる。

沖縄県農業試験場八重山支場のウリミバエ大量増殖施設は 1972 年に 19,494,000 円の経費をかけて建築された。施設面積は 242 m² であり、週 400 万頭以上の蛹を生産することが可能である。

表は沖縄におけるウリミバエの生産コストを週産 400 万頭を基準として、飼料費、労賃及び光熱水費について示してある。鱗翅目昆虫や他の昆虫類において、これまでの試算の例から飼料費以上に労賃が必要であることが知られており、ウリミバエについても同じことが言えよう。

一般に規模の拡大に応じ、飼料費や光熱水費はそれに比例して増大するが、機械化は労賃を抑えるための有効な手段となる。II で述べた将来の沖縄県ウリミバエ増殖工場では、週産 1 億頭のウリミバエを生産するのにそのすべてを人力に頼ると仮定するなら 137 人の人力が常時必要とされるが、機械の導入によってその約 1/3 まで人力の削減が可能である。しかし、熟練を要する複雑な作業のための機械の開発とその導入にはそれ自身多額の経費が必要とされることから、各々の工程に応じた機械と人力との使い分けが必要であろう。

沖縄県におけるウリミバエの生産費 (1980 年 12 月現在)

項	目	円/100 万頭
飼	料	費
成	幼	虫
小		計
労		賃
光	熱	水
合		計
		2,829
		6,227
		9,056
		28,400
		26,090
		63,546

IV 機械化の問題点

不妊化法による害虫の根絶には大量の不妊虫を必要とするため、コストを低減するための手段を考えねばならない。しかし、自然界において複雑な生活様式を持つ昆虫を単純な人為的条件下で飼育を継続することは、種の持つ各種行動の遺伝的メカニズムを狂わせ、自然環境に対する適応力をも同時に低下させてしまう恐れがある。特に不妊虫放飼法においては野外の雄との交尾競争力が保持されていることが不可欠の条件である。

これまで述べてきたように、ラセンウジバエやチチュウカイミバエの大量増殖の基本は生産効率を高めることを第一とした考え方にある。しかし、沖縄では効率化と同時になるべく自然に近い状態で飼育法が取り入れられ、それが沖縄県久米島におけるウリミバエ根絶実験事業成功の一因と考えられている。

岩橋 (1979) は久米島の不妊虫放飼に先駆けて行われたパイロット試験において、野外における不妊虫の性的競争力を 0.75 と推定した。しかし、久米島で本種が根絶される直前にはそれが 0.25 まで低下したと報告している (IWAHASHI and Irô, 1980)。確かに不妊虫放飼法では究極的には放飼虫の野外における性的競争力が重要となる。しかし、野外条件下における性的競争力と、色々な方法で検出される虫の質との関係が明らかにされなければ、実際の大量増殖における品質管理のルーチン化とは結び付きにくい。こうしたことから、近年諸外国では生理学的レベルでの品質検査 (quality monitoring) が主に行われている。

沖縄では主に増殖虫と野生虫との行動上の比較が行われ、虫質変化の実体が除々につかめつつある。ウリミバエは夕方薄暮期に交尾を行うが、増殖虫は野生虫よりも早い時刻から交尾を開始する (SUZUKI and KOYAMA, 1980)。この結果は呼吸による炭酸ガス排出の日周リズムとも一致している (KAKINOHANA, 1980)。また野生虫と増殖虫を同じケージに入れると、増殖虫同志が先に交尾をしやすい (WONG and NAKAHARA, 1978)。このことは不妊の雄だけではなく雌も同時に放す場合、野外において不妊虫の雄、雌同志が交尾をする危険性を感じさせる。

大量飼育では空間利用効率を高めるため、極めて高い密度で飼育が行われる。このことは飛しょう力の低下や各種行動に対しても影響を与えることが考えられる。飛しょう力の測定にはフライトミル法が利用されている。この方法によって仲盛 (未発表) は増殖虫は野生虫に比べ飛しょう時間、飛しょう距離が劣ることを見いだし

た。また、1頭当たりの空間が狭いと増殖雄のほうが野生雄よりもよく交尾をするが、空間が広くなるとその差は縮まり、野生雄もよく交尾をするようになる(添盛ら、1980)。これは狭い空間に対して虫自身が適応してきたことを示す。

野外における分散力と生存率の比較試験が標識再捕獲法を利用してなされ、数回の試験の結果、累代飼育の世代数が増加するほど、分散力が減少し、寿命も短くなる傾向を示した(KAKINOHANA, 1980)。

このように、大量増殖虫の質的变化が明らかになりつつある。これは人為的な飼育環境による遺伝的な変化と考えられている。

そこで沖縄では、久米島の根絶事業に供された系統の入れ替えを行うため、1979年に野生虫から新系統を育成し、大量増殖系統として導入した。同じようなことがラセンウジバエにおいても2年に1回行われている。

不妊虫放飼法や天敵放飼のための大量増殖は経費を節減するために大幅に人為的な飼育環境を取り入れなければならない。個々の人為的環境が生産された虫の品質にどのように影響するかが分かれば、悪影響のある人為環

境を避け、あまり悪影響のない環境を取り入れることによって、経費の削減と品質の向上を両立させることができるであろう。

これまでの大量増殖では、このような研究が遅れているように思える。

稿を終えるに当たり、終始有益なる御意見を与えて下さった沖縄県農業試験場 小山重郎 博士に感謝の意を表する。

引用文献

- 1) BOLLER, E (1972): *Entomophga* 17: 9~25.
- 2) 岩橋 統 (1979): 沖縄県農業試験場特別研究報告, 第1号 pp. 26~33.
- 3) IWAHASHI, O and Y. Irô (1980): Paper read at I. C. E. XVI in Kyoto.
- 4) KAKINOHANA, H. (1980): Proceeding of a Symposium on Fruit Fly Problems, at I. C. E. XVI in Kyoto.
- 5) 添盛 浩ら (1980): 応動昆 24: 246~250.
- 6) SUZUKI, Y. and J. KOYAMA (1980): *Appl. Ent. Zool.* 15: 225~224.
- 7) WONG, T. and L. M. NAKAHARA (1978): *Ann. Entomol. Soc. Am.* 71: 592~596.

本会発行図書

チリカブリダニによるハダニ類の生物的防除

森 樊須・真梶徳純 編

2,000 円 送料 200 円 B5判 89 ページ

内容目次

I 総説・基礎的研究

- 1 チリカブリダニ研究会の活動経過(真梶徳純・森 樊須)
- 2 チリカブリダニの研究史(森 樊須)
- 3 チリカブリダニの生活史(浜村徹三・真梶徳純)
- 4 チリカブリダニの増殖と捕食に及ぼす温湿度条件(芦原 亘・真梶徳純)
- 5 チリカブリダニの捕食者としての特性(高藤晃雄)
- 6 チリカブリダニの分散(高藤晃雄・浜村徹三)
- 7 チリカブリダニと土着カブリダニ類との競合(森 樊須・斎藤 裕)
- 8 チリカブリダニの大量飼育と貯蔵(浜村徹三・真梶徳純)
- 9 チリカブリダニに対する農薬の影響(芦原 亘・真梶徳純)

II 農生態系における放飼事例

- 施設内作物へのチリカブリダニの放飼
- 1 促成及び半促成栽培イチゴ(深沢永光)
 - 2 ハウス内キュウリ(森 樊須・今林俊一)
 - 3 ハウス内ナス(松崎征美)
 - 4 ハウス内カーネーション及びバラ(藤本 清・広瀬敏晴・足立年一・伊東祐孝)
 - 5 ガラス室ブドウ(逸見 尚)
- 野外作物へのチリカブリダニの放飼
- 6 ダイズ及び小果樹類(今林俊一・森 樊須)
 - 7 チャ(刑部 勝)

III 総括(森 樊須・真梶徳純)

和文及び英文摘要

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

カイコの人工飼料の開発とその実用化

農林水産省蚕糸試験場 ほり え やす ひろ
堀 江 保 宏

はじめに

カイコの人工飼料の研究が開始されてから 20 年を経過し、人工飼料の技術は最近急速に養蚕現場に普及されるまでに進展した。この技術の普及に伴って技術的及び経営的評価も厳しくなされるようになってきた。また指摘された問題点に対しては、技術的な解決法が検討されている。以下、順を追ってカイコの人工飼料育技術の進展過程を述べるとともに、技術的な 2, 3 の問題点について説明したい。

I 人工飼料開発と実用化の経過

農林水産省蚕糸試験場（以下、農林蚕試）で人工飼料によりカイコの全齢飼育に初めて成功したのは昭和 35 年であり、当初の目的はカイコの栄養研究の手段として人工飼料を利用することであった。この目的に適した合成飼料も作られ、その後約 10 年間にカイコの成長に必要な栄養物質の種類とそれらの必要量を決定することができた。これらの知見を基礎として人工飼料の組成改善が行われた結果、カイコの飼育成績や繭質も著しく向上された。この情勢に応じて、各県の蚕試あるいは企業の研究所から農林蚕試へ技術者の留学も多くなり、技術の修得がなされた。当時、養蚕技術の研究者や行政部局においては、既存の養蚕業に対する人工飼料育技術の影響を考慮し、必ずしも賛成的意見が多かったわけではなかった。しかし昭和 44 年には 3 年計画で農林水産技術会議の特別研究として「人工飼料による大量飼育の研究」が行われることとなった。予算規模は比較的貧弱なものであったが、この特研の開始により従来研究室規模で行われていた人工飼料研究が、若干規模拡大され組織的に行われることになった。この研究で取り上げられた項目は、人工飼料の改善、飼育法の改善及び人工飼料に適合する蚕品種の選定の 3 項目であり、その内容として現在問題とされる多くが網羅されていた。農林蚕試では東北支場の蚕室を改修し、大量飼育の技術的問題点の摘出と、解決法の研究が行われた。当時の飼育規模は蚕種 1 箱 (20,000 頭) 程度であったが、得られた繭糸の試験

や絹織物の性状まで試験された。

その後農林蚕試においては、養蚕の飼育現場で普及 (70%) している稚蚕共同飼育所の飼育に人工飼料技術が導入される可能性を想定するようになった。すなわち、稚蚕人工飼料—壮蚕桑葉育の形成によれば、養蚕農家に特段不利益を及ぼさず、稚蚕飼育の省力、合理化が図られると思われたからである。その結果、昭和 47 年より「稚蚕人工飼料育実用化」の研究が行われることになった。

既存の稚蚕共同飼育所の実態から人工飼料育導入の利点を考えると、現状では飼育や桑園管理の労力確保、労賃の高騰で運営が困難であり、人工飼料育によれば著しい省力化ができること。凍霜害など不時の災害時であっても飼料が安定的に供給されること。また年間多回育に対応し、時期を問わず農家に稚蚕の供給が可能になることなどである。上記の研究における飼育規模は蚕種 20 箱 (400,000 頭) であり、稚蚕共同飼育所の規模 (500~1,000 箱) に対しなお小規模ではあったが、東北支場において稚蚕大量飼育の標準飼育体系が作成された。稚蚕人工飼料—壮蚕桑葉育の形式で得られた繭質は、全齢桑葉育のそれに若干劣るものの、十分実用化技術として通用する可能性の強いことも分かった。次いでこの飼育体系によって福島など 7 県の蚕糸試験場で稚蚕人工飼料—壮蚕桑葉育の共通試験が実施され、成績が検討された (後述)。本試験実施により各県蚕試における人工飼料技術の基礎が出来た。

昭和 49 年より行政部局の主導により、都府県を事業主体とする「稚蚕人工飼料飼育実証事業」が群馬など全国 13 県の蚕試で実施され、飼育規模は蚕種 100 箱と拡大された。この事業を通じて稚蚕人工飼料育を稚蚕共同飼育所に導入する場合の基礎技術体系がほぼまとまり、その終了を契機としてこの技術を導入する事例が多くなり、年ごとに全国における普及率も高まってきた (第 1 表)。更に昭和 52 年にはこの技術体系に基づき技術指導の着実に可能な地区において、実用規模における稚蚕共同飼育事業 (パイロット事業) が実施されるに至り、飼料調製センターも各所に設置されるようになり (昭和 54 年までに全国 11 か所)、飼料供給と稚蚕共同飼育とが連係されることになった。この間各県蚕試が中心となって普及指導員や共同飼育所の技術担当者に対する技術研修

Development of artificial diet for the silkworm, *Bombyx mori*, and its practical application By Yasuhiro HORIE

第1表 稚蚕人工飼料育普及の年次別推移

(蚕業課)

	昭和 52 年	53 年	54 年	55 年
総掃立卵量(箱)	2,516,300	2,431,600	2,431,400	2,265,300
人工飼料育卵量(箱)	21,034	64,366	118,773	193,400
普及率(%)	0.84	2.64	4.88	8.54

注 人工飼料育卵量はメーカーの人工飼料出荷量より換算した。

が平行して行われた。

更に従来の指定蚕品種の人工飼料適合性の検討や、蚕種製造の周年化や微粒子フリーの蚕種製造を目標とする原蚕の全齡人工飼料育の実用化試験も行われつつある。

以上が、人工飼料の開発と実用化の経過であるが、以下、技術的問題について若干記述したい。

II 飼料の組成と飼育成績

カイコの人工飼料を開発するにあたって困難な点の一つは、カイコがほぼ単食性に近い食性を持ち、人工飼料を容易に摂食しないことである。またカイコは飼料組成分の中に含まれる摂食阻害物質に対して極めて敏感である。したがって、当初の飼料中には相当量の桑葉粉末を添加したものをを用いていた(第2表、飼料(1)・(2))。しかし、いったん摂食を始めた1齡幼虫は、以後比較的順調に摂食を続け成長することから、摂食の問題と栄養条件とを切り離して考えることによって、しだいに飼料組成が改善されるようになった。その結果合成飼料も作られ、この飼料を用いてカイコの成長に必要な物質の最少必要量も決められた(第3表)。各種必須栄養物質の最

少必要量は他の昆虫の既報の結果とほぼ類似しており、桑葉中には当然のことながらこれらの量を上回る量が含まれていることも分かった。なお、カイコの栄養に関する知見は、総説として既にまとめられている(伊藤, 1975; 堀江, 1974)ので参照されたい。人工飼料の組成中には以上の必須栄養物質が少なくとも必要量以上含有されていなければならないが、カイコの発育段階に応じて栄養要求性が変化することも明らかになり、特に繭質を高めるために、5齡期の飼料として高タンパク飼料が用いられている(第2表、飼料7)。第2表の準合成飼料は桑葉粉末を含まず、1齡期における摂食性を考慮したスターター、2~4齡期の成長に適したグロウワー、5齡期の絹糸タンパク生合成を高めるプロデューサーの3種の飼料組成を示す。これらの飼料を用いて農林蚕試の6研究室で共通試験を行った結果、比較的良好な飼育成績が得られたが、全繭重の割には繭層重が軽い傾向がみられた。これら準合成飼料には、カイコの摂食促進物質としてモリン(フラボノールの一種)が添加されているが、モリンが高価であることから実用性のある飼料としては20%強の桑葉粉末を含む飼料(第2表、飼料(3)・

第2表 人工飼料組成の例

組 成 分	当 初 の 飼 料		桑葉粉末を減じた飼料		準 合 成 飼 料		
	飼料(1)	飼料(2)	稚蚕用飼料(3)	壮蚕用飼料(4)	スターター(5)	グロウワー(6)	プロデューサー(7)
桑葉粉末	50 g	50 g	25.0 g	25.0 g	— g	— g	— g
デンプン	15	15	7.5	15.0	10.0	10.0	20.0
ショ糖あるいはグルコース	10	20	8.0	10.0	10.0	10.0	12.0
脱脂大豆粉末	20	15	36.0	45.0	30.0	40.0	60.0
ダイズ油	—	—	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0
ステロール	—	—	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5
無機塩混合物	—	—	3.0	3.0	3.5	3.5	2.0
第二リン酸カリ	—	—	—	—	1.0	1.0	—
ビタミンC	—	—	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
クエン酸	—	—	4.0	4.0	0.5	0.5	0.5
セルロース粉末	—	—	20.8	—	34.0	34.0	—
寒天	—	—	7.5	5.0	15.0	15.0	5.0
モリン	—	—	—	—	0.2	0.1	—
水	ml/g	ml/g	ml/g	ml/g	ml/g	ml/g	ml/g
ビタミンB群	1.5	1.5	3.0	2.2	3.0	3.0	2.6
防腐剤	+	+	+	+	+	+	+
報 告 者	福田ら(1960)	伊藤ら(1960)	堀江ら(1973)		伊藤ら(1974)		

第 3 表 カイコの必須栄養物質の最少必要量
堀江 (1974)

栄 養 物 質	含 量	栄 養 物 質	含 量
1) アミノ酸 (mg/g)		3) ビタミン B 群 (μg/g)	
アルギニン	8	コリン	750
ヒスチジン	5	イノシット	1,000
イソロイシン	8	ニコチン酸	20
ロイシン	8	パントテン酸	20
リジン	8	ビリドキシン	5
メチオニン	4	リボフラビン	5
フェニルアラニン	8	チアミン	0.5
スレオニン	7	ピオチン	1
トリプトファン	2	葉 酸	1
バリン	8	4) 無機物 (mg/g)	
2) ステロール (mg/g)		カリウム	8
コレステロール	2.5	リ ン	2
		マグネシウム	1
		亜 鉛	0.01

(4) が用いられている。カイコの摂食性は 1～2 齢に敵しく、以後齢の進むにつれて緩やかになることも認められており、桑葉粉末量を幼虫経過に伴って段階的に減ずることができ、大量の飼料の調製において、桑葉粉末の量節減が可能である。

人工飼料の成分のうち水分量がまた極めて重要である。一般にカイコはふ化直後より 1 齢期間に体水分率が急激に高め、その後この水分率を一定に保持した後、最終齢 (5 齢) の後半に水分率を急減した後吐糸営繭することが知られている。稚蚕用桑には 80% 以上の水分が含まれていることは、上記のカイコの水分生理に合致している。第 2 表の改良された飼料は水分率が高められており、その水分を飼料中にゲル状に保持するため寒天が添加されている。このような高水分率の飼料でカイコの成長は促進され、人工飼料による全齢飼育によって 400 mg 程度の繭層重を持つ繭が生産されるようになった (第 4 表)。一方、飼料の水分率を高めると飼料の腐敗が早まり、後述する飼育施設の清浄環境条件とも関連して、飼料の防腐対策が必要になってきた。種々の防腐剤の防腐効果とカイコに及ぼす影響との 2 点からスクリーニングした結果、ソルビン酸とプロピオン酸が防腐剤として有効であり、同時に飼料の pH を約 4.5 程度に保

持することが重要であることも分かった。そのためクエン酸など有機酸の添加も防腐上有効であることも認められた。しかし、反面飼料が酸性になるにつれ寒天のゲル強度が低下する欠点もあり、飼料への寒天添加量を増さねばならない矛盾もある。

ソルビン酸など防腐剤の添加によって飼育成績は向上したが、依然として下痢症状によりへい死するカイコも多く、その原因の究明が続けられた。その結果、桑葉育のカイコの消化管中には一定の安定した微生物フローラが存在しているが、人工飼料育により下痢症状を呈したカイコの消化管中には普通に見られるバクテリアのうち乳酸菌 (*Streptococcus* sp.) のみが異常に増殖しており、排出した蚕糞中の乳酸菌が飼料上で更に増殖してカイコに食下され被害を増すことが突き止められた。乳酸菌の増殖防止には数種の抗生物質が有効であり、特にクロラムフェニコールの効果が著しく、飼料にこれを適量添加すると消化管内の乳酸菌は激減し、病蚕発生が阻止された。このような措置により飼育成績は向上し、給餌回数も著しく減ずることが可能になった。しかし、耐性菌の出現の危険性については念頭においておかねばならない。

上記のようにカイコの摂食性、栄養要求性を満足し、飼料の物理性や防腐などを考慮し、しかも飼料価格を低減することは難事である。既存の飼料素材の量的組み合わせにより多種の人工飼料組成を作り、カイコの飼育によりその飼料価値をスクリーニングすることが試行錯誤を伴うものの、最も確実な組成改善の方法であろう。しかしながら、養蚕技術として人工飼料育技術が普及するにつけ、飼料組成改善には飼料価格の低減の問題が同時に関連する問題となってきた。一般に畜産に用いられている比較的な安価な飼料素材をカイコの人工飼料素材として導入することも重要であろう。この場合、カイコの栄養要求性を基礎として、安価な飼料を開発する一方法として、最近畜産飼料に関して用いられている線型計画法による組成の設計法の利用も考えられる。筆者らが試験的に行った線型計画法により作られた組成の飼料についてみると、カイコなど昆虫に特有な栄養成分、例えばス

第 4 表 人工飼料によるカイコ的全齢飼育例

蚕 品 種	掃立頭数 (頭)	全 齢 経 過 (日)	全 齢 減 歩 (%)	繭 質			備 考
				全 繭 重 (g)	繭 層 重 (mg)	繭 層 歩 合 (%)	
日 131 号 × 支 131 号	10,000	23.9	4.0	2.00	430	21.5	山 本 (1970)
2・4 × 5・4	20,900	24.2	7.4	1.84	343	18.6	川 杉 村 (1971)
太平 × 長 安	5,000	24.0	4.3	1.46	359	24.4	村 越 (1972)
共 栄 × 新 白	25,000	24.0	27.0	2.02	429	21.2	杉 山 村 (1973)

テロールなどの添加が必要であるが、一般の栄養成分については線型計画法による組成中に十分含まれており、しかも比較的安価な飼料の設計が可能であるように思われる。この飼料でカイコを飼育した結果、繭質の成績は比較的良好であり、このような新しい方法の導入によって今後飼料組成をより合理的に改善できるように思われる。

III 稚蚕の人工飼料大量飼育

稚蚕人工飼料—壮蚕桑葉育の実用化にあたり、標準的飼育法が決められた(水田ら, 1975)。第5表にその内容を示す。この方法はかなり省力化を図ったものであり、1～2齢期に各1回給餌し、3齢期は2回給餌する方法である。飼育温度は桑葉育の場合より高く、湿度も飼料の乾燥を防ぐために高く保持されている。稚蚕の人工飼

第5表 稚蚕人工飼料育の標準表 (対 5,000 頭)

(1～2 齢各 1 回, 3 齢 2 回給餌)

(水田ら, 1975)

令別	飼 育		光線	日順	給餌時刻	作 業	蚕座面積	給餌量	備 考
	温 度	湿 度							
1 齢	28°C ～ 30°C	85% (65%)	暗	1	14時	掃 立	1,225 cm ²	300 g	防乾紙を掛ける
				2					
				3					催眠期ごろに防乾紙を取る
				4		眠中拈座	3,025		
				5	16	餉 食	3,225	750	防乾紙を掛ける
2 齢	28°C ～ 30°C	85% (65%)	暗	6					
				7					催眠期ごろに防乾紙を取る
				8		眠中拈座	6,050		
				9	9	餉 食	6,050	1,400	防乾紙を掛ける
3 齢	28°C ～ 30°C	80% (65%)	暗	10	20	給 餌		1,400	
				11					催眠期ごろに防乾紙を取る
				12					
				13		眠中拈座	12,100		

第6表 稚蚕人工飼料—壮蚕桑葉育の飼育例

横山ら (1977)

例	飼 育 の 形 式	経 過 日 数		3 齢眠蚕 体重 (対 100 頭) (g)	4 齢起蚕 の 齊 否 (%)	1 万頭収 繭量 (対 掃立蚕) (kg)	健 歩 蛹 合 (%)	繭 質		
		1～3 齢 (日)	4～5 齢 (日)					繭 重 (g)	繭層重 (mg)	繭層歩合 (%)
I	1) (1～3 齢人工飼料育)	14.4	15.1	15.7	96.5	17.6	99.0	1.99	453	22.8
	2) (4～5 齢桑葉育)	10.9	15.4	19.5	98.8	18.5	99.0	2.09	503	24.1
II	1) (1～2 齢人工飼料育)	12.8	13.4	18.7	96.8	17.4	93.9	1.89	475	25.1
	2) (3～5 齢桑葉育)	13.3	13.7	17.5	98.3	17.4	94.7	1.89	457	24.6
	3) (1～3 齢人工飼料育)	11.5	13.6	17.2	—	18.4	96.7	1.91	479	25.1

注 I : 7 県の共通試験成績の平均値, 日 134 号×支 135 号, 春蚕期各飼育規模は 10,000 頭, 飼料は第2表飼料(3)を参照。

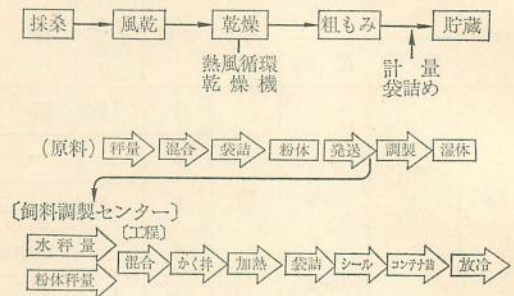
II : 稚蚕人工飼料育実証事業—山梨蚕試の例, 秋光×竜白, 晩秋期飼育規模は 1,400,000 頭, 飼料は上と同様。

料大量育において実際上一番問題になる点は、カイコの成育を斉一化させることであり、眠期の管理が重要になってくる。すなわち、ほぼ大多数のカイコが眠りに入る時点で湿度を下げ飼料を乾燥せしめ、一斉に眠りに入るようにするとともに、次齢の起蚕が出そろった時点を見計って飼食（給餌）することによって成育の斉一化を図ることが飼育技術として重要であり、熟練を要する点である。極端な方法で斉一化を図るとカイコに障害を与え、体重増加が順調にいかない。光条件としては飼育時一明、眠期一暗により成育は斉一化される傾向があるが、均一な明条件を設定することは実際上困難なため、全暗条件で飼育される場合が多く、また著しい明条件では飼料の変質を早める点で成育に悪影響を及ぼす危険性もある。

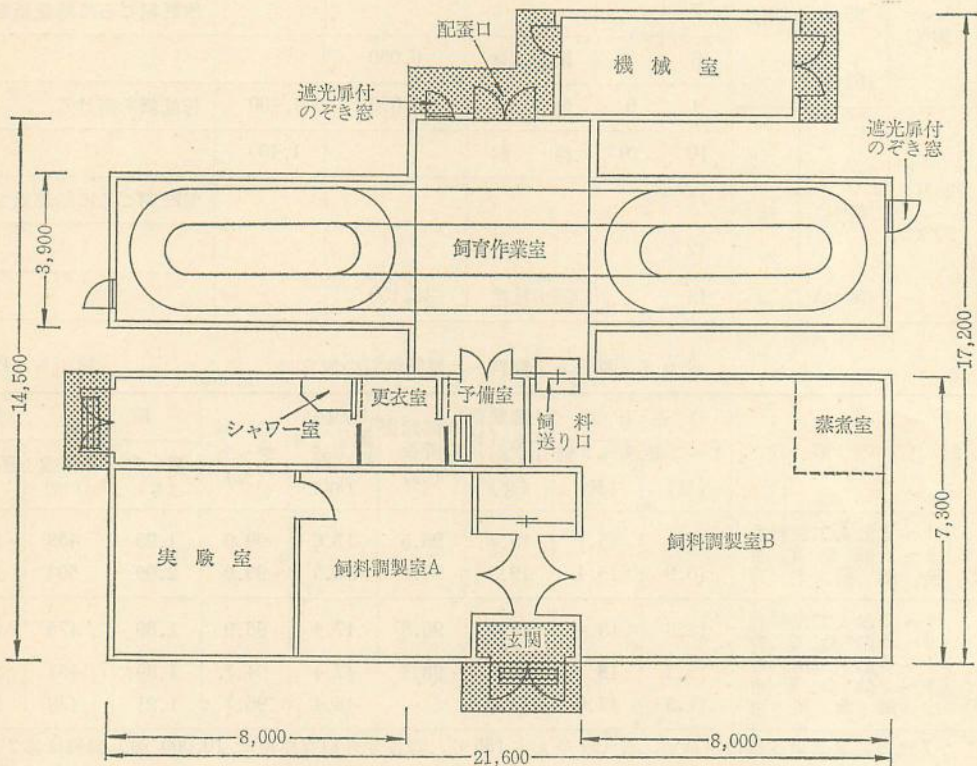
給餌量は必要最少量で良いが、1～2齢期は飼料の乾燥を考慮して若干多く与えている。このような飼育法により行った稚蚕人工飼料による大量飼育例を第6表に示した。この場合後半は桑葉で飼育し、全齢期を桑葉育した結果と比較した。例Ⅰにおいて稚蚕期はやや延長し、繭質も全齢桑葉育に比べて若干低下していたが、例Ⅱにおいては1～2齢及び1～3齢を人工飼料育によって

も、稚蚕期は若干延長しているものの、繭質は桑葉育とほぼ等しい結果が得られていることが分かる。しかも飼育規模は蚕種70箱と拡大された。

稚蚕人工飼料育の規模拡大に伴って大量の飼料の調製が問題となって来る。現在各飼料メーカーより8種の人工飼料が販売されており、粉体及び湿体の2種に大別され、前者は稚蚕共同飼育所など飼育現場の近くにある飼料調製施設において、水を添加し混合、かく拌及び加熱の工程を経て最終的に調製され、飼料は低温室に保存される(第1図)。なお飼料に添加する乾燥桑葉も第1図の工程を経て調製されている。桑葉は粗もみの状態で5°C



第1図 桑葉粉末及び人工飼料の調製法



第2図 人工飼料による稚蚕清浄飼育の施設（横山ら、1977）

に2～3年間の保存が可能であり、必要に応じて粉末化して使用する。湿体飼料の保存期間は15°Cで2週間が限度と言われている。

カイコの人工飼料が開発されてから間もなく、カイコの無菌飼育に成功した。すなわち無菌飼育するには、ガラス器内に人工飼料を入れ、綿栓したのちオートクレーブで加熱滅菌し、その中に表面を消毒した蚕卵を挿入する。器内でふ化したカイコは飼料を摂食し成長し、営菌したのち蛹化する。成長に伴って無菌的に飼料を補給し、飼育密度を低下することにより飼育成績は向上する。更に規模拡大するにはビニールアイソレーターや無菌室を用いて無菌的に空気を送入すればよい。無菌飼育により飼料の腐敗は防止され、病蚕発生危険性はなくなり、省力化が図られる。現実には無菌飼育を志向しつつも、施設費の関係から準無菌的あるいは清浄環境下で稚蚕人工飼料育が行われている。清浄飼育施設の一例を第2図に示した。この施設には飼料調製室が併存しているが、飼料調製室と飼育作業室とは完全に分離されており、ただ中央にある飼料送り口において間接的に両者は接続している。飼料送り口は一般に Germicidal trap と呼ばれ消毒剤が満たされており、ビニール被覆された飼料は飼料調製室より消毒液中に投入され、飼育作業室側

から隔壁を隔てて飼料が搬入される。各齢期1回の給餌作業は最少人数で行われるのは当然であるが、作業者は脱衣後、シャワー室、更衣室を経て飼育作業室に入る。作業室には2基のらせん循環式の稚蚕飼育機が設置され数10個の稚蚕飼育箱が連続的に左右に立体的に移動し、中央部において作業者は移動することなく給餌作業を継続すればよい。飼育作業室は外気より若干陽圧になっており、除菌フィルターを通した空気が送入されることにより、清浄環境が保持される仕組みとなっている。このような清浄環境下では飼料の腐敗の可能性はほとんどなく、病蚕発生危険性も少ないから、給餌作業の著しい省力が可能である。稚蚕飼育が終了し、各養蚕農家に配蚕後、飼育作業室は消毒され次の飼育に備える。

現在、人工飼料育が導入されている稚蚕共同飼育所の施設の実態を見ると(第7表)、必ずしも上記の清浄環境が保たれているとは言えない。飼育規模は200～1,000箱以上の例が大半を占めており、1～2齢期の飼育が多い。施設は新設、改設が多いが、木造構造の施設も相当数占めている。施設の約半数は除菌装置が設備されており、更衣室もない所もあり、清浄環境を維持するためには非常に問題となる点であろう。また飼育前室の設備も是非欲しいところであり、全般的にみれば稚蚕人工飼

第7表 人工飼料育を導入した稚蚕共同飼育所の実態 (蚕業課, 昭和54年)

項 目	飼育所数 (個所)	割 合 (%)	項 目	飼育所数 (個所)	割 合 (%)
① 飼育規模			⑦ 補湿方式		
50箱以下	7	7.4	エアコン	68	72.3
50～100箱	7	7.4	加湿器	19	20.2
100～200箱	12	12.8	その他	7	7.5
200～500箱	23	24.5	⑧ 除菌装置		
500～1,000箱	24	25.5	エアークリーナー	1	1.0
1,000箱以上	21	22.3	除菌フィルター	48	51.1
② 新設・改設			ない	45	47.9
新設	11	11.7	⑨ 更衣室		
改設	61	64.9	ある	80	85.1
改設なし	22	23.4	ない	14	14.9
③ 構 造			⑩ シャワー施設		
木造	33	35.1	ある	15	16.0
鉄筋	58	61.7	ない	79	84.0
その他	3	3.2	⑪ 飼育前室		
④ 部屋方式			ある	64	68.1
大部屋方式	77	81.9	ない	30	31.9
小部屋方式	17	18.1	⑫ 飼料保管室		
⑤ 給餌方法			冷蔵装置付	30	31.9
機械給餌	48	51.1	貯桑室利用	55	58.5
手給餌	46	48.9	その他	9	10.4
⑥ 補湿方式					
エアコン	74	78.7			
電気	14	14.9			
ストーブその他	6	6.4			

注 1箱=20,000頭

第8表 1～3 齢育における養蚕労力の対比 (対 100 箱) 単位: 時間 (横山ら, 1977)

飼育方法	作業別 給桑または給餌	採 桑	掃 立	分 箔 座	除 沙	蚕 休 消 毒	配 蚕	その他	合 計	
									実 数	指 数
桑 葉 育	170	93.5	10	20	40	16.5	6	80	436	100
人工飼料育	27.9	—	8.5	15.2	—	—	4	15.4	71	16

注 1 桑葉育: 関東東山地域, 空調大部屋方式の稚蚕共同飼育技術による。

2 掃立作業: 掃下ろし, 整座を含む。

3 その他: 洗浄・消毒, 掃立準備, 温湿度調節, 後片付けを含む。

第9表 稚蚕人工飼料育と桑葉育との飼育経費比較

項 目	人工飼料育 (夏蚕 528 箱)			桑葉育 (初秋蚕 484 箱)		
	総 経 費	箱当たり	割 合	総 経 費	箱当たり	割 合
飼 料	985,040円	1,866円	60.7%	330,300円	682円	22.4%
勞 務	272,150	515	16.8	800,100	1,653	54.5
食 糧	43,485	82	2.7	134,271	277	9.1
消 耗	39,240	74	2.4	25,750	53	1.8
消 毒	9,530	18	0.6	21,640	45	1.5
保 温	63,350	120	3.9	8,270	17	0.6
消 耗	41,610	79	2.6	11,800	24	0.8
運 搬	96,000	182	5.9	88,000	182	6.0
運 搬	34,631	66	2.1	14,742	30	1.0
運 搬	36,740	70	2.3	33,760	70	2.3
合 計	1,621,776	3,072	100	1,468,633	3,033	100

注 昭和 52 年度, 埼玉県武川養蚕農協の実績による。

(1～2 令)

飼育の急速な普及に対応する施設の準備が, 経費などの点から追い付いていないというのが実態のように思われる。施設の不備な飼育室においては雑菌に汚染され, あるいは蚕病ウイルスが持ち込まれる危険性も多く, 一度汚染された場合の被害は桑葉育の場合よりはるかに著しい。特に稚蚕飼育を連続的に行う場合には消毒も不十分になりがちであり, 雑菌の汚染には細心の注意が必要である。飼育室の清浄度は落下菌や空中浮遊菌の測定により調査することができる。特に作業者の出入り後に雑菌が増すことが多い。

次に, 稚蚕人工飼料育における養蚕労力を桑葉育の場合と比較した結果を第8表に示した。桑葉育では給桑に 39%, 採桑に 21% の労力が必要であり, 総労働時間 (対 100 箱) は 436 時間を要するのに対し, 人工飼料育では採桑に要する労力は皆無であり, 給餌労力も給桑労力の約 16% にすぎない。総労働時間は 71 時間となり, 桑葉育の 16% にまで省力される。もちろんこの場合飼料は調製施設あるいはメーカーから運搬されることを前提とするものである。

稚蚕人工飼料育の桑葉育より劣る点は, 飼料費の高価なことである。第9表には稚蚕人工飼料育と桑葉育との飼育経費の比較を示した。蚕種 1 箱当たり飼育経費の合計は人工飼料育 3,072 円, 桑葉育 3,033 円であり, 両

者はほぼ等しい価額である。しかし, その内容は両者で明らかな特徴のあるのが分かる。すなわち, 人工飼料育では飼料費が総経費の 60.7% を占めているのに対し, 桑葉育では 22.4% にすぎない。他方労務費についてみると, 人工飼料育では 16.8% であったのに対し, 桑葉育では 54.5% を占めている。このような両飼育法の経費面よりみた特徴は, 人工飼料育導入の可否を決定する最も有力な要因と思われる。いずれにせよ稚蚕共同飼育所の経営実態に合わせて選択すべきであることは言うまでもないことである。不十分ではあるが稚蚕期を人工飼料育したカイコを配布した養蚕農家の飼育感想に関するアンケートによると, カイコの成育がやや不齊であったとするものが 75% を占めていたが, 飼育状態は桑葉育とはほぼ変わらないとするものが多数を占めていた。また 50% の養蚕農家において人工飼料育したカイコでは蚕病の発生が見られなかったと言っており, 行き届いた稚蚕人工飼料育が行われるならば, 稚蚕期における蚕病感染が避けられ, 蚕作安定にこの技術が役立つように思われる。

お わ り に

以上, カイコの人工飼料技術の開発と実用化の経過を述べるとともに, 技術的問題について触れた。本稿では

割愛したが、今後の問題として人工飼料育に適合した蚕品種の育成及び原蚕の全齢飼育技術の確立による蚕種製造の周年化など残された問題も多い。ともあれ本技術が研究室における試験に端を発し、現場における技術として普及しつつある事実をみると、細心の注意をもって発展させたいものである。衰退産業としてとかく軽視されがちな蚕糸業において、純国産の革新技術が普及することにより養蚕農家になんらかの役に立つことがあるならば、この技術開発に携わった研究グループの一員として望外の喜びである。

引用文献

1) 福田紀文ら (1960): 日蚕雑 29: 1~3.

- 2) 堀江保宏ら (1973): 蚕試彙報 96: 41~55.
- 3) ——— (1974): 科学飼料 19: 287~291, 318~321.
- 4) 伊藤智夫ら (1960): 日蚕雑 29: 191~196.
- 5) ——— ら (1974): 農化 49: 403~407.
- 6) ——— (1975): 農業および園芸 50, No. 4~11, 同 51 No. 1~12. 連載.
- 7) 川杉正一ら (1971): 蚕糸研究 81: 7~15.
- 8) 水田美照ら (1975): 蚕試彙報 102: 23~43.
- 9) 村越重雄 (1972): 神奈川蚕セ成績概要, 昭 46, 157~161.
- 10) 杉山多四郎ら (1973): 蚕試彙報 96: 149~157.
- 11) 山本一雄 (1970): 蚕糸研究 77: 67~75.
- 12) 横山豊重ら (1977): 山梨蚕試研報 22: 1~42.

協会だより

一本 会

○殺虫剤抵抗性に関する試験成績検討会開催す

3月19日、家の光ビル第10会議室において、関係県試験担当者、殺虫剤抵抗性研究会委員、同研究会会員会社ら約100名参会のもとに開催した。

午前10時、明日山理事長の開会挨拶の後、岩田俊一委員長（農技研）が座長となり、10~14時：ミカンハダニ、14~16時：ツマグロヨコバイのそれぞれ成績検討会、総括検討会が行われた。

（ミカンハダニ成績検討会）

果樹試験場安芸津支場、千葉大学園芸学部

ミカンハダニの殺虫剤抵抗性研究

名古屋大学農学部

抵抗性ハダニの生理、生化学的特性

静岡柑橘試験場、和歌山県果樹園芸試験場、愛媛県果樹試験場、佐賀県果樹試験場、鹿児島県果樹試験場

ミカンハダニの殺虫剤抵抗性研究

（ツマグロヨコバイ総括検討会）

農業技術研究所昆虫科害虫防除第3研究室

ツマグロヨコバイの殺虫剤抵抗性に関する研究

農業技術研究所農薬科農薬化学第1研究室

ツマグロヨコバイ殺虫剤抵抗性対策研究

九州農業試験場

ツマグロヨコバイの殺虫剤抵抗性対策研究

名古屋大学農学部

抵抗性ツマグロヨコバイの生理、生化学的特性

広島県立農業試験場

ツマグロヨコバイの殺虫剤抵抗性発達に及ぼす複合

剤の影響

愛媛県立農業試験場、香川県農業試験場、鹿児島県農業試験場

ツマグロヨコバイの殺虫剤抵抗性対策試験

以上の試験成績の5年間にわたる結果について岩田委員長が総括があり 16:00 終了した。

○農薬散布法に関する試験成績検討会開催す

3月20日、家の光ビル第2会議室において開催、明日山理事長の開会挨拶、つづいて、於保信彦農薬散布法研究会委員長（果樹試）が座長となり、各試験場で実施した試験結果について担当者より説明があり、それぞれ検討された。

埼玉果園芸試験場

施設野菜（キュウリ）のうどんこ病に対する少量散布機による防除効果試験

ハウス用省力散布機によるキュウリ病害防除効果試験

験

農業技術研究所、山形県園芸試験場、農業機械化研究所

果樹用散布機の運転者に対する散布薬液の付着調査
果樹用散布機による散布薬剤のリンゴにおける付着と残留

日本植物防疫協会四国連絡事務所、高知県農林技術研究所

ハウス用省力散布機による防除効果試験

宮崎県総合農業試験場

蒸気アトマイザーによるハウスの拡散ならびに防除効果試験

大阪府農林技術センター

フォンタン R・ULV-E 型の性能試験

54 年度成績

宮城県農業センター

オルトラン、ハクサップ水和剤地上少量散布によるキャベツ作物残留試験

殺虫剤検定用供試昆虫の大量増殖

住友化学工業株式会社 なか やま いさむ
中 山 勇

はじめに

殺虫剤研究の多様化につれ、それに用いる検定用昆虫は生産数量、種類数ともに増加傾向をたどっている。生物検定用昆虫は化学分析の試薬に相当するところから、単に大量飼育し供給するだけでは目的を達せず、一定の生理状態の昆虫を常に必要とする量を、供給することが求められる。このためには体系的な増殖の実施が重要課題である。

検定用昆虫を常時一定量生産するための問題点の第一は、労働集約的手作業と、高度な知的経験的要素を簡素化し、生産工程として確立していくことである。第二は野外で生息している昆虫の生理、生態をできるだけ損なわない方向での増殖が必要である。

ここでは、既に基準の飼育方法が明らかにされている昆虫を対象に、限られた諸条件のもとでいかに殺虫剤検定用昆虫として、一定の数をむだなく生産し、なおかつ薬剤感受性などの生理状態を一定に維持管理していくかという面を中心に述べる。

I 大量増殖を行う際の留意点

殺虫剤のスクリーニング用として、常時供試する昆虫の大量増殖について留意すべき問題点を挙げると次のようになる。

(1) 生産計画数量

試験用昆虫の生産コストは後述のごとく概して高いものであり、試験に必要とする数量を超えて過剰に生産することは労力、資材のむだ使いである。そのために室内飼育の仕込値(卵)→回収率(成虫)、すなわち生命表を基礎に試験規模に見合う生産数量を定める。

(2) 作業の基準化

一連の作業を基準動作要素に分析し、それらをつなぎ合わせて工程図を作成する。このことは作業の簡素化に有効である。

(3) 作業体制

生産計画数量、作業工程を基に週単位(必要に応じて1か月単位)の作業予定を組む。

(4) 週間作業日数

昆虫の飼育管理面だけから見ると、毎日の作業が望ましいが、作業者の勤務体系を配慮し6日制あるいは5日制にするかを定める。

(5) 質的管理

長期間室内飼育を継代すると、室内条件に適応あるいは選抜された集団となる可能性があり、本来の昆虫としての諸機能が損なわれていないか、試験目的に応じた検査が必要となる。

(6) 作業環境

大量増殖の場合、昆虫によっては小規模飼育で見逃していた問題が生じることもある。例えば飼育培養基、腐敗飼料、排泄物などによる臭気、多量の鱗粉の飛散など飼育作業従事者の作業環境として配慮しなければならない問題である(藤田, 1981)。

以上の諸点に留意し、ハスモンヨトウをスクリーニング用昆虫として大量増殖した例を紹介する。

II ハスモンヨトウの増殖体制の確立

本種の大量飼育技術については既に幾つかの報告がある(岡田, 1976; 小山・釜野, 1976)。ここでは週5日の作業日程のもとで常時一定量の幼虫を高度の熟練作業を必要とせずにできる作業体系の開発を主として述べる。

1 技術的諸検討

まず作業の効率化と週5日の作業に即した飼育容器、方法について紹介する。

(1) 人工飼料の選定と接種卵数

本種の飼料選定に際しては卵接種から供試する3~4令期(卵接種後, 7~10日令)まで、餌持ちすることを条件に小山・釜野(1976)に準じた飼料(小島・中山, 1979)を選んだ。試験結果からシャーレ(直径12cm, 高さ2.5cm, 飼料120g)当たりの接種卵数は900卵粒/3卵塊が適当である。

(2) 採卵法の検討

従来のろ紙を裏打ちしたシャーレを用いる採卵法は、労力と採卵時の鱗粉の飛散による作業環境上の問題があるので、ポリエチレン製袋(24×24×40cm)を利用する方法が良い(中山・小島, 1978)。この方法による採卵基準数は20対の成虫で2日目に、大(平均530卵粒)、中(平均220卵粒)の20卵塊の採卵ができ、1雌当たり1.0卵塊の生産量であった。

(3) 若令期用飼料の水分含有量とその保存期間

小山・釜野 (1976) の人工飼料は性状が重粘で容器への充填に手間取る。そこで飼料の流し込みを容易にするために添加水分の増加を試みたが、生存幼虫の取得数が減少し好ましくなく、結局前述の飼料とほとんど変わらぬ 71% くらいが適切である。飼料は 5°C 下で、7 日間保存したものでも幼虫の生育に影響ないが週間作業の配分を考慮し、飼料調整は週 2 日が良い。

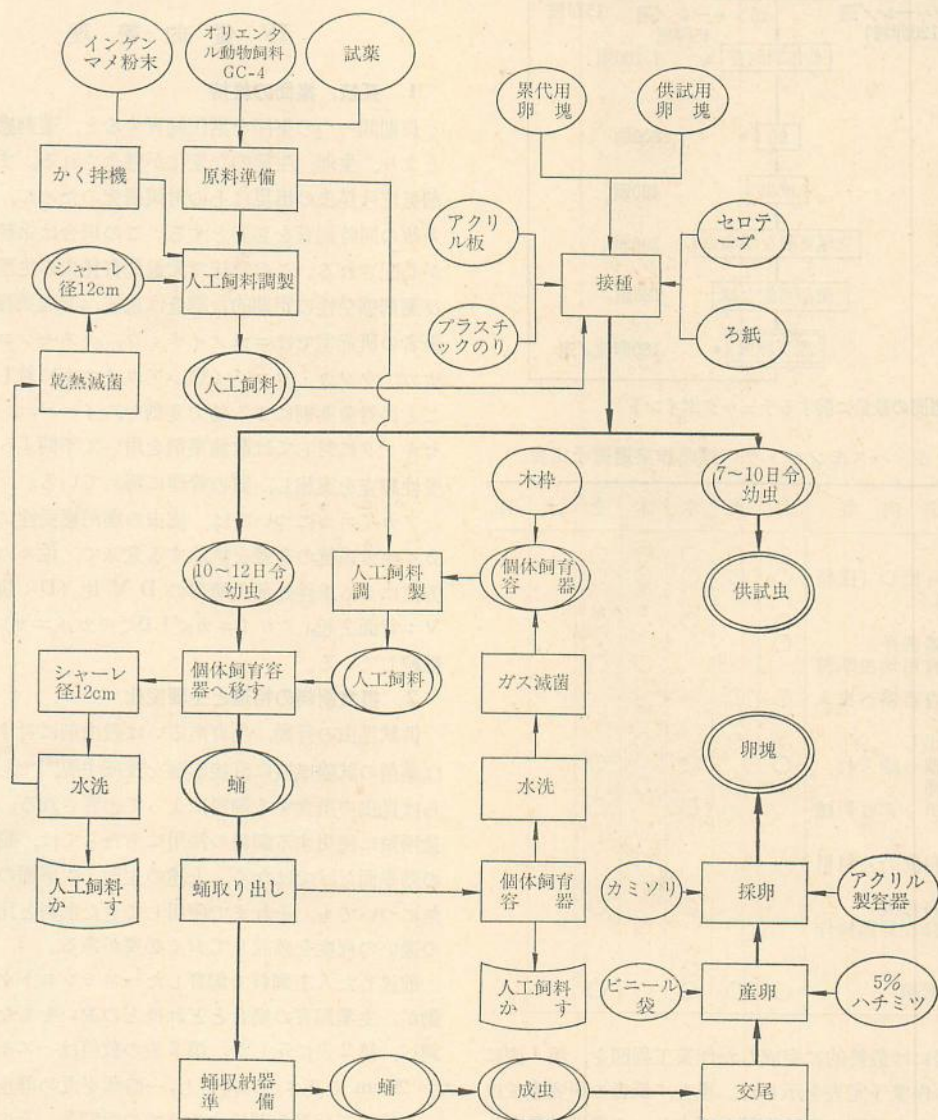
(4) 個体飼育法による蛹回収率と羽化率

ハスモンヨトウの成虫回収率は終令幼虫期の病気発生、共食いなどによって著しく低下する。したがって、

終令まで集団飼育するには相当高い安全率を見積もる必要がある。そこで共食いと病気のまん延を防止する方法として 5 令幼虫からは個体飼育法を取り入れ、飼育容器を開発した。この容器を使用した一例を示すと、蛹回収率 50%, 羽化率 64%, 羽化雌のうち交尾可能な雌率 (雌雄が同じ日に羽化した場合のみ雌は交尾可能とする) は 65% であった。

2 生産計画と作業工程

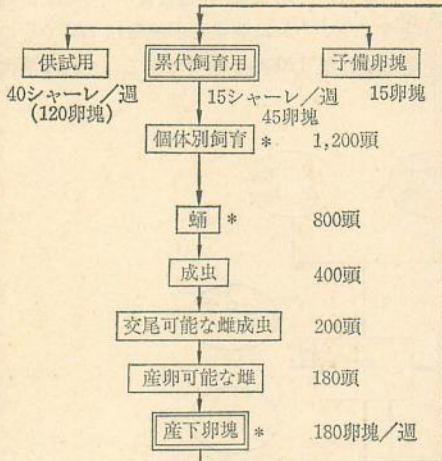
殺虫試験用に必要の供試幼虫数を 1 週間で 40 シャーレ分 (供試可能な幼虫数、卵接種後 7~10 日令 10,000 頭/週) とすると、それに要する卵塊数は 120 でその確保には交尾可能な雌 120 頭が必要である。これは累代用の



第1図 ハスモンヨトウ作業工程図

個体飼育幼虫に換算すると 960 頭となる。1 シャーレ当たり 150 頭の個体飼育用幼虫が得られることから、累代用として 7 シャーレ分、21 卵塊あれば次世代の供試用として 120 卵塊が確保できる。したがって累代用と供試用合計 141 卵塊が順調な生産を進めるうえで必要な数量となる。

この 141 卵塊に若干の累代用の変動を見込んで 165 卵塊の取得を目標に、下記のごとき生産計画で実証するといふ。



* 週間の数量に関するチェックポイント

第 1 表 ハスモンヨトウの標準作業週間予定表

作 業 内 容	月	火	水	木	金	土	日
植 卵	○	○	○	○	○		
成虫取り出し (採卵準備)	○	○	○	○	○		
採 卵	○		○		○		
羽化容器洗浄	○				○		
個体飼育用幼虫準備				○	○		
個体飼育容器へ虫入れ	○	○					
蛹取り出し		○		○			
羽化容器へ蛹入れ	○		○		○		
容器洗浄		○		○			
プラスチック容器滅菌			○		○		
人工飼料配合、材料粉碎				○			
人工飼料作製			○		○		
個体飼育容器用枠作り		○		○			
雄・用			○				
供試虫準備	○	○	○	○	○		

第 1 図には最終的に完成した作業工程図を、第 1 表には週間の作業予定表を示した。現在、筆者の研究室では以上のような手順で増殖体制を確立し、必要供試数を生産している。

III その他の昆虫の増殖体制

その他昆虫についてもほぼハスモンヨトウの手順で生命表を作り、これを基に生産計画、作業手順書、作業予定表を作成することができる。ただし、作業日程は昆虫ごとに定めることが必要である。しかし、大量増殖を実施している種々の昆虫で週単位の作業を組んで、特に支障を生じた例はなかった。代表例としてコナガの作業工程図を第 2 図に示した。またイエバエ、ゴキブリ類、アカイエカなどの衛生害虫についても、上述と同様な技術的検討に基づいて生産計画を定め大量増殖を実施しているが、これらについては紙面の都合上省略する。

IV 質 的 管 理

1 系統、集団の維持

長期間一つの集団を累代飼育すると、薬剤感受性はもとより、生理、生態的な変化が懸念される。また、殺虫剤抵抗性昆虫の出現はその対策研究のために、同種、数系統の同時飼育を必要とする。この場合は系統間の交雑が心配される。この意味で大量飼育昆虫の生理、生態及び薬剤感受性の定期的な調査は重要な管理業務となる。筆者の研究室ではニカメイチュウ、ハスモンヨトウ、コナガ、ウンカ・ヨコバイ類、アカイエカに対しては試験ごとの対象薬剤による効力変動を、イエバエ、チャバネゴキブリに対しては数種薬剤を用いて年間 1～2 回の感受性調査を実施し、質的管理に努めている。

アカイエカについては、成虫の薬剤感受性に加えてチカイエカ系統の交雑を排除する意味で、佐々 (1971) の方法による雄性外部生殖器の D/V 比 (D: 腹側突起, V: 背面突起, アカイエカ $< 1.0 <$ チカイエカ) の調査を継続している。

2 摂食飼料の相違と生理変化

供試昆虫の行動、生育あるいは殺虫剤に対する感受性は薬剤の試験成績に直接影響を及ぼす要因であり、これらは昆虫の摂食する飼料によって影響される。昆虫の大量増殖に使用する飼料の採用にあたっては、飼育作業上の効率面だけではなく、上述の生理、生態面の変化の有無についても、それまで使用してきた飼料と比較し、その違いの程度を確認しておく必要がある。

前述した人工飼料で飼育したハスモンヨトウ幼虫の行動が、生葉飼育の場合とどれほどの違いをもたらすかを調べ、第 2 表に示した。第 2 表の数値はハスモンヨトウを 20 cm の高さから落とし、一時体を丸め静止状態となった後再び行動を開始するまでの時間と、その後の歩行をトレースし、移動距離を測ったものである。人工飼料

第3表 ハスモンヨトウ4令初期までの摂食飼料の相違がその後に与えたインゲン葉の食害に及ぼす影響

4 令 初 期 まで に 与 え た 飼 料 (平均体重)*	インゲン葉を飼料として与えてから			
	1 日 目		4 日 目	
	平均食害指数**	平 均 体 重 (mg/larva)	平均食害指数**	平 均 体 重 (mg/larva)
人工飼料 A (25mg)	1.0	31.2	3.0	122
人工飼料 B (22mg)	2.4	32.7	4.0	168
生 葉 ハクサイ (22mg)	2.3	32.0	4.3	171

人工飼料 A：岡田 (1976), B：小島・中山 (1979)

* 飼料交換 (4令初期) 時の平均体重

** 1ポット2本仕立て (4葉) を5ポット, 合計 20 葉の平均指数 (0: 食害なし, ...5: 完全な食害)

第4表 人工飼料 (B)*及び生葉 (ハクサイ) で飼育した 3, 4 令幼虫のサリチオンに対する感受性 (48 時間後調査)

飼 料	LC ₅₀ (ppm)					平 均 体 重 (mg/幼虫)	
	虫体浸漬 (10 秒間)		食葉浸漬 (30 秒間)		虫体食葉浸漬		
	Ⅲ 令	Ⅳ 令	Ⅲ 令	Ⅳ 令	Ⅲ 令	Ⅲ 令	Ⅳ 令
人 工 飼 料	20	28	10	23	6	14	33
生 葉	20	30	6	<15	4	16	31

* 小島・中山 (1979)

第5表 供試昆虫の生産コスト試算 (供試虫数を農業害虫平均1万頭, 衛生害虫平均2万頭/月とした場合)

種 名	労 働 時 間 (時間/月)	労 務 費* (円/月)	供試虫1頭当たりの価格	
			労 務 費	原 材 料 費**
ニカメイチュウ	356	366,680	36.7	2.5
ハスモンヨトウ	153	157,590	15.8	2.4
コナガ	80	82,400	8.2	3.2
ヒメトビウンカ	6	6,180	0.6	1.4
ツマグロヨコバイ	17	17,510	1.7	3.7
イエバエ	20	20,600	1.0	1.1
チャバネゴキブリ	92	94,760	4.7	0.6
アカイエカ	182	187,460	9.3	2.1

* 研究補助員, 全国平均給与 17 万円より算出 (労政時報別冊, 1981)

** 飼育容器などの耐久材を含む (2~5年で更新とした)

殺虫剤検定で最も重要な薬剤感受性に及ぼす人工飼料の影響について, サリチオンを用いて調べた結果を第4表に示した。虫体浸漬法では3, 4令とも人工飼料と生葉飼育で感受性の相違はなかったが, 食葉浸漬法では人工飼料飼育のほうが生葉飼育より若干感受性が低い傾向を示している。

V 生産コスト

昆虫の生産コストの内訳は増殖に要する原材料費, 労務費, 光熱費, 施設償却費などが考えられる。ここでは, 1か月平均の供試数量と労働時間 (週間作業予定表

から算出) を基礎とし, 原材料費と労務費の生産コストを試算した。第5表より, 昆虫生産コストの大部分は労務費で占められていることが明らかであり, コストの低下は手間を掛けず, むだのない生産を進めることに尽きるのである。この要点は昆虫本来の性質を損なわずに作業を基準化し, 他種昆虫を含めた共通作業要素によって組み立て, 分業化, 機械化によって作業効率を高めていくことである。同一処方 の飼料で数種昆虫を飼育する (小島・中山, 1979), あるいはその応用手段として, 基本組成を同じにし, 種ごとに若干の添加物を加えた飼料を利用するのも合理化の一手段である。

おわりに

試験用昆虫が質量面で過不足なく使用できることは殺虫剤研究の重要な前提である。その意味で、大量増殖は新規殺虫剤の研究開発競争を支える重要な技術である。しかしながら、現在の大量増殖技術はまだはなはだ労働集約的段階にあり、今後更に労務費の低廉化を目指した昆虫増殖システム化の発展が強く求められていくであろう。こうした技術を基盤として、数量的な面に加え、質的に均一な供試虫の生産がなされ、生物検定の精度を高めるうえで大きく寄与することになるであろう。

ここで注意すべきことは、数量の確保と均一集団の生産のみを念頭に飼育装置、飼育システムを考える結果、

人為的条件が強められ過ぎ、あたかも別種のごとき性質の昆虫を生産してしまうことである。そのための対策としては、定期的に野外系あるいは他の室内系統との交雑、更に野外害虫の生理、生態観察結果を参照した昆虫本来の質的な検査も一層の充実が求められよう。

引用文献

- 藤田義雄 (1981) : 農業実験法 (深見順一編集) 1. 殺虫剤編 (印刷中).
 岡田斉夫 (1976) : 日本農薬学会誌 1 : 347~357.
 小山光男・釜野静也 (1976) : 植物防疫 30 : 470~474.
 小島一郎・中山 勇 (1979) : 応動昆 23 : 261~263.
 中山 勇・小島一郎 (1978) : 同上 22 : 126~128.
 佐々 学編 (1971) : 衛生動物学の進歩, 啓学出版.

人事消息

櫻井 壽氏 (環境庁水質保全局土壌農業課課長補佐 (総括, 農業担当)) は農蚕園芸局植物防疫課課長補佐 (農業航空班担当) に
 遠藤 澁氏 (農林水産研修所農業技術研修館 研修指導官) は同上課付に
 西俣 攻氏 (農蚕園芸局植物防疫課検疫第2班輸出検疫係長) は同上課検疫第2班国内検疫係長に
 阿久根光明氏 (同上課検疫第1班輸入検疫係長) は同上課検疫第2班輸出検疫係長に
 萩野英明氏 (横浜植物防疫所業務部国際第二課) は同上課検疫第1班輸入検疫係長に
 石谷秋人氏 (農薬検査所 検査部 企画調整課 登録調査係長) は同上課農薬第2班取締係長に
 横田敏恭氏 (横浜植物防疫所業務部国際第一課) は同上課併任に
 本川一善氏 (同上部総務課) は同上に
 佐分利重隆氏 (農蚕園芸局植物防疫課課長補佐 (農業航空班担当)) は関東農政局生産流通部蚕糸園芸課長に
 森田征土氏 (同上課検疫第2班国内検疫係長) は国土庁小笠原総合事務所専門調査官に
 澤木雅之氏 (同上課輸入検疫係) は横浜植物防疫所業務部国際第一課へ
 百 弘氏 (同上課農薬第2班取締係長) は農薬検査所検査部企画調整課検査管理官に
 小野 仁氏 (同上課発生子察係) は横浜植物防疫所業務部国際第一課へ

増田敏明氏 (同上課庶務係) は農蚕園芸局総務課へ
 関口義兼氏 (農薬検査所検査部農薬残留検査課長) は農薬検査所検査部生物課長に
 川本 登氏 (横浜植物防疫所調査研究部調査課長) は同上所検査部農薬残留検査課長に
 下村 博氏 (農薬検査所検査部企画調整課検査管理官) は同上所検査部化学課検査管理官に
 今村清昭氏 (同上所検査部企画調整課) は同上所検査部企画調整課登録調査係長に
 東 義裕氏 (環境庁水質保全局土壌農業課) は同上所検査部企画調整課へ
 小倉一雄氏 (同庁水質保全局水質管理課) は同上所検査部化学課へ
 坂入昇二氏 (農蚕園芸局蚕業課主査兼庶務係長) は同上所総務課課長補佐に
 岡見 深氏 (横浜植物防疫所総務部会計課) は同上所総務課人事係長に
 菊池幸代氏は同上所検査部企画調整課へ
 小島恒夫氏は同上所検査部生物課へ
 石嶋直之氏は同上所検査部農薬残留検査課へ
 刈屋 明氏 (農薬検査所検査部生物課検査管理官) は環境庁出向 (水質保全局土壌農薬課課長補佐 (総括, 農業担当)) に
 大井明大氏 (同上所検査部化学課) は同上庁出向 (同上局土壌農薬課) に
 山口秀雄氏 (同上所総務課人事係長) は農蚕園芸局肥料機械課庶務係長に
 齊藤直子氏 (同上所検査部企画調整課) は退職

耐虫性検定と供試昆虫の大量増殖

農林水産省農業技術研究所 かま の せい や
釜 野 静 也

はじめに

トウモロコシのアワノメイガ抵抗性機構の研究に BOTTOGER (1942) が人工飼料の考えを取り入れたのが、食植性昆虫の人工飼料の始まりであった。その後人工飼料は、抵抗性因子の解明や大量増殖の確立に大きく貢献した。また昆虫の大量増殖の進歩は、耐虫性研究にも大きく寄与し、世界的に発展を遂げている。

古くは我が国でも、抵抗性品種は害虫防除の一手段と考え研究が進められ、一部の作物において成功し利用されていた。しかし、殺虫剤の出現を境として、この方面の研究は著しく減退した。最近、諸外国での成果に刺激され、トビロウソウカやツマグロヨコバイで研究が始められたが、世界の研究からは大きく引き離されている。

日本における耐虫性の研究が停滞したのは、次のような背景があったと思われる。①いずれの作物においても多肥多収栽培が中心をなし、害虫など発生したときに殺虫剤で殺せば十分であると安易に考えられていた。②耐虫性を利用して1種類の害虫しか防げないから、他の害虫は殺虫剤などで更に防除しなければならないので、あまり意味がないと思われた。③耐虫性の研究は、ある程度組織的に、しかも長期間にわたらなければ成果が得られない。現在の研究体制では、個人的で短期間に結果の出る研究がしやすく、それを好む雰囲気は研究者間にあった。

日本のように温暖な気候の下で作物を栽培すると、どのような作物であっても必ず2, 3種類の害虫が加害し、被害を出す。このような環境で作物を栽培する場合には、品種の選定や耕種方法を考えるに際し、耐虫性を考慮することは、栽培の基本と考えて当然であろう。このような視点からも、耐虫性の研究は、今後大きく展開させるべき分野である。その研究において耐虫性を評価する検定方法と材料を供給する大量増殖は、中心的役割を果たすと考え、その問題点を述べることにする。

I アワノメイガの大量増殖と抵抗性検定

現在、色々の作物を対象に抵抗性品種の研究が進められている。トウモロコシは、米麦に次ぐ世界第三の作物

として広く栽培されており、古くからアメリカを中心にアワノメイガ抵抗性の研究が行われている（ここでは便宜的にアワノメイガに *Ostrinia nubilalis* と *O. furnacalis* の両方を含めて扱う）。しかも各地で耐虫性検定用に大量増殖が行われている。そこで耐虫性研究における検定法や大量増殖を考える一例としてアワノメイガを取り上げてみる。

1 大量増殖

アワノメイガは、人工飼料による大量増殖法が早くから確立され、各地の大学、試験場、種子会社などで、主として抵抗性品種検定のために飼育されているが、1980年の1年間に生産された卵塊数は、1,200万個（約3億卵粒）であったと推定されている。これら研究推進の中心的な役割を果たしているアイオワ州の USAD 及び州大学における大量増殖方法の特徴を取り上げてみる。

ここでの初期の大量増殖用飼料には、トウモロコシ葉の粉末を相当量入れていたが、最近のものは第1表に示したように、市販されているコムギ胚芽を主材料としている。飼料組成は、他の鱗翅目で用いられているのとはほとんど変わらないが、ただ防腐剤に Fumidil B を加えているのが目新しい。これはアワノメイガを大量飼育す

第1表 アワノメイガ大量増殖用飼料の組成
(GUTHRIE, 1980)

水	13,000 g
寒 天	270 g
コムギ胚芽	520 g
ブドウ糖	440 g
カゼイン	440 g
コレステロール	32 g
無機塩混合 ¹⁾	144 g
ビタミン混合 ¹⁾	92 g
アスコルビン酸	120 g
オーレオマイシン ²⁾	27 g
Fumidil B ³⁾	6.9 g
p-ヒドロキシ安息香酸メチル ⁴⁾	75 ml
プロピオン酸	86 ml
ホルマリン	7 ml
ソルビン酸 ⁵⁾	40 ml

1) Nutritional Biochemicals Corp., Cleveland Ohio, USA.

2) Iowa Veterinary Supply Co., Box 616, Iowa Falls, Iowa.

3) Dadant and Sons, Hamilton, Illinois

4) 56 g を 95% エチルアルコール 200 ml に溶解

5) 90 g を 95% エチルアルコール 400 ml に溶解

Mass Rearing of Insects for Assaying of Crop Resistance By Seiya KAMANO

る場合、微粒子病が流行することがあり、それを防ぐためのものである。

飼料調製も一般的な方法で行われている。すなわち寒天だけを加熱溶解し、50~60°C に冷まして他の材料と混合し、プラスチックの飼育容器(径25 cm, 深さ9 cm)に約930 g ずつ流し込み固める。この飼育容器に卵を接種する前に、後で蛹化場所となる2.5 cm 幅の段ボールを環にし、飼料上に乗せる。1容器に約40 卵塊(1,000 卵粒)を接種し、27°C に21 日間おくとほとんどの個体は段ボールの中で蛹化する。この段ボールを採卵箱に移して採卵する。飼育容器100 個で、約20 万個の卵塊が得られる。

採卵箱は、木製で周囲と底の内側に金網を張り、平滑面をなくし、これらへの産卵を防ぎ、上部に置かれたワックスペーパーに産卵させる。また採卵は、湿度85%で27°C 18 時間、17~19°C 6 時間の温度サイクルを与えるとよい。卵塊を大量に扱うので、ワックスペーパーに産下された卵塊を切り取るのと、切り取った卵塊を集めるのに、特種な機械を製作し能率化している。

2 抵抗性の検定法

アワノメイガ抵抗性品種の検定は、1960 年代にイリノイ州立大学と USDA のグループによって開発された方法を標準検定法とし、各地で広く使われている。すなわち、試験するトウモロコシ品種を1区15本の4反復で栽培し、その地帯の発蛾期に合わせ(1化地帯では1回、2化地帯では2回)1本のトウモロコシに4卵塊(約80卵)ずつ接種する。天敵類の攻撃を避けるため、ふ化前日の卵塊を用いる。人工接種したトウモロコシについて、生育状況、被害葉率、幼虫の生存率、茎の中のトンネル数と長さ、収量を調査し抵抗性を判定する。

3 IWGO

世界的にアワノメイガ抵抗性の研究を進める必要から、IWGO(The International Working Group on *Ostrinia*)という組織が作られた。この組織は、1968年にモスクワで国際昆虫学会議が開かれたときに、ユーゴスラビアのHADŽISTEVIC 博士の呼び掛けで、ハンガリー、ポーランド、ルーマニア、アメリカ、ソ連の昆虫学者が参加し作られた。その後オーストリア、カナダ、フランス、ブルガリア、チェコスロバキア、インド、フィリピン、ポルトガルの昆虫学者や育種学者が参加している。

ここでは標準検定法を決め、自国の品種を中心に抵抗性の検定を進め、過去10年間で500以上の品種を評価している。また、評価の終わった抵抗性品種を1個所に集め、新品種を作ったり、各国の品種を交換し、栽培条

第2表 野外虫と累代飼育虫のトウモロコシでの生存と被害

(HUGGANS and GUTHRIE, 1970 より改変)

	野外虫	第2世代虫	第34・45世代虫
7日目の生存虫数*	8.6	7.2	2.5
21日目の生存虫数*	4.9	4.5	2.5
食害指数	7.4	7.3	4.8

* いずれも4卵塊(約80卵)接種

件の違ったところで抵抗性検定をするなどの研究協力を行っている。各国持ち回りで毎年検討会とシンポジウムを開き情報交換を行っている。

4 累代飼育虫の活力低下

アワノメイガは、人工飼料で180世代以上の長期間の累代飼育が可能であった。しかし、長期間の飼育で質的变化が起こることも明らかになった。すなわち、30世代以上飼育された虫は、感受性品種のトウモロコシに接種しても、幼虫のトウモロコシ摂食が減少し、被害が現れにくくなる。その試験結果の一部を第2表に示した。更に質的变化を、色々の世代で調べた結果、1~14世代の虫は野外のものとはほとんど差がなく、抵抗性検定に利用できることが分かった。また、この活力の低下を防ぐため、毎年野外の幼虫を採集し、相当数を飼育集団に導入している。

以上述べたほかに、アワノメイガ抵抗性に関して、遺伝的分析や物質的な機構など抵抗性の基本的研究も平行的に進められているが、ここでは省略する。

II 耐虫性をどう利用するか

アワノメイガの例でも述べたように、一般的な耐虫性の利用としては、数多くの品種を集め耐虫性を検定し、それらを材料として遺伝的な抵抗性品種を作る。その抵抗性を単独で利用し、害虫密度を低下させ被害を免れようとしている。抵抗性機構としても顕著で検定しやすい抗生作用に重点が置かれている。この方向も一つの研究方向であると思う。しかし、苦勞して作った耐虫性品種もそれを加害しうるバイオタイプなどの出現で、利用価値が全くなくなる場合もある。

一方、平野(1974)は、耐虫性を、①虫害からの時間的回避、②農作物の生理的状態の調節、③遺伝的昆虫抵抗性の利用と幅広く考え、この耐虫性の向上を害虫防除の基本に置くことを提案している。私も全く同感である。しかし、ここではもう少し具体的な問題について考えてみたいので、問題を遺伝的昆虫抵抗性の利用に絞ることとする。

害虫が作物を摂食加害する場合、一般的に次の要因が

関与すると、平野 (1974) は整理している。

- (1) 誘引因子を持つこと
- (2) 忌避因子を持たないこと
- (3) 定着因子を持つこと
- (4) 移動促進因子を持たないこと
- (5) 産卵刺激因子を持つこと
- (6) 産卵阻害因子を持たないこと
- (7) 摂食刺激因子を持つこと
- (8) 摂食阻害因子を持たないこと
- (9) 栄養的な欠陥がないこと
- (10) 発育阻害因子を持たないこと

これらの要因が逆に作用した場合が、害虫に対する作物の抵抗性である。これら要因は質的に作用するばかりではなく、実際は量的に関与していると考え、私は以下に述べる利用を検討してみた。

抵抗性の利用は、害虫に不適な要因を増すことである。一つの要因だけで害虫と作物の関係を断ち切っても、他の要因が元のままで成立に好都合なときには、害虫あるいは作物に少しの変化が起これば、また害虫は作物を加害するようになる。そこで一つ一つの要因は、そんなに強くなくとも多くの要因を組み合わせた抵抗性が望ましい。

次に、より強い抵抗性を求めるのではなく、やや強い抵抗性品種を数多く作り、栽培条件に応じて利用を考える。この場合の利用は、害虫の総合防除の一手段として、他の防除手段と平行的に用いるという考え方である。

更に、常識的で耐虫性の利用と言えないかもしれないが、感受性品種は栽培しないことが重要である。一般的に高収量、好品質の品種は、害虫の加害を受けやすく被害も多い傾向がある。新品種が作られ、広く栽培が始まる前にキーベストとの関係を検定する。特に我が国ではどの作物でも全くといってよいほど、耐虫性の検定が行われていないので、まず品種の感受性を検定することが必要なことではないか。

III 抵抗性の検定法

耐虫性をどのような方向で利用するにしても、その評価を的確にやるために検定方法が必要である。検定は、いつでもどこでも簡単にできる方法が望ましい。

普通、抵抗性の検定法は試験する場所によって、室内検定法、温室・ガラス室検定法、ほ場検定法に分けられている。しかし、検定目的から考えると自然条件下での検定と人工条件下での検定に分けられる。以下、それぞれの問題点について述べる。

1 自然条件下の検定

自然条件下での検定は、総合判定をするのが目的である。しかし、ほ場で作物を栽培し、自然に発生する害虫を対象に検定するのは、それが相対的なものであっても、年により場所により変動が大きく大変難しい。そこで便法として、毎年一定の場所に作物を栽培し、大量増殖した虫を接種して検定する方法が採られている。この方法を利用するためには、作物に対し害虫のどのステージをどのように接種するかと野外に発生する同種の害虫の影響をいかにするかを点を決めなければならない。更に害虫の大量増殖方法が確立されていることも条件の一つとなる。

2 人工条件下の検定

人工条件下の検定目的は、方法が簡単で年間を通じて試験できることとそれぞれの要因別に検定できることである。しかし、害虫のほうは年間を通じて比較的簡単に供試できるが、野外の作物と同様な作物を年間作るとは、相当程度に環境調節ができる施設を使っても困難なことが多い。

次に問題なことは、作物の耐虫性がステージによって変化することである。例えば、イネのツマグロヨコバイに対する抗生作用が、品種によって生育とともに色々変化することが明らかにされている (岸野, 1976)。作物のステージを追った検定を考えなければならない。

作物の抵抗性は、先に示したように多くの要因が関与しているので、それぞれの因子について別々に検定する必要がある。例えば、イネのトビイロウンカ抵抗性品種の場合、強い抗生作用を持っているが、実際に大きく作用するのは、抗生作用の前に作用する定着因子であることが指摘されている (寒川, 1979)。

以上のように人工条件下の検定では、何種類かの検定方法を平行的に進め、全体としての抵抗性を把握しなければならない。そのために均一な昆虫を必要なだけ大量増殖しなければならない。

IV 供試昆虫の大量増殖

どのような目的の試験においても供試昆虫は、野外のものとは変わらない性質のものが望ましい。しかし、室内で大量増殖された昆虫は、一般的に野外のものより弱い場合が多い。そこで殺虫剤の検定の場合は、殺虫剤に対する感受性がどうかをチェックし、性フェロモンの分離・同定する場合には、性フェロモンが十分に生産されているかどうかをチェックする。耐虫性検定の場合は、産卵・摂食など基本的な行動が関係するので、常に虫と作物の関係が正常であるかどうか幅広くチェックし

なければならない。また、幅広い現象について検定するので、より健全な虫が要求される。

耐虫性の検定では、虫の遺伝的な質が大きく関与するので、大量増殖を始めるにあたっては、大きな集団から出発するよう心掛ける。また、地域性を示す害虫では、各地から採集した何系統かについて平行的に検定することも考えるべきである。

現在、抵抗性品種の検定用大量増殖は、大別して次の二つの方法で行われている。

ウンカ・ヨコバイ類やアブラムシ類など、小型の昆虫で世代の比較的短い害虫は、室内や温室で幼植物を用いて大量増殖を行い、検定に使用している。この場合も、均一な虫をより簡易に飼育する方法を考えることによって、正確で能率的な検定方法が確立される。

一方、鱗翅目害虫では、人工飼料による大量増殖が広く行われている。例えば、スジノメイガの1種 *Diatraea grandiosella* では2,300万頭が、ヨトウの1種 *Spodoptera frugiperda* では550万頭が、タバコガの1種 *Heliothis zea* では470万頭が、スジノメイガの1種 *Diatraea saccharalis* では240万頭が年間飼育され、抵抗性品種の検定に使用

されている。既に多くの害虫で人工飼料が開発されているが、これらを利用して大量増殖は、可能であると思われる。しかし、それぞれの虫で飼育方法の工夫は必要である。

アワノメイガにみられた累代飼育による質的变化の問題は、大量増殖で今後最も重要な点である。継続して遺伝的に安定な飼育方法の開発が必要であるが、その際には人工飼料の組成も再検討してみるべきである。また、完全合成飼料の研究は、現在世界的にみても低調であるが、抵抗性の本質の解明にこの面の発展も望まれる。

引用文献

- 1) BOTTOGER, G. T. (1942) : Jour. Agr. Res. 65 : 493~500.
- 2) GUTHRIE, W. D. (1980) : Proc. Inter. Sic. Work. Group Cereal Stem-Borers and Legume Pod-Borers : 21p.
- 3) HUGGANS, J. L. and W. D. GUTHRIE (1970) : Iowa State Jour. Sci. 44 : 313~353.
- 4) 平野千里 (1974) : 植物防疫 28 : 385~387.
- 5) 岸野賢一 (1976) : 同上 30 : 351~355.
- 6) 寒川一成 (1979) : 同上 33 : 187~191.

次号予告

次6月号は下記原稿を掲載する予定です。

最近の難防除病害虫とその対策—害虫— 梅谷 献二

—病害— 山口 富夫

中国から導入したヤノネカイガラムシの寄生蜂

西野 操・高木一夫

オオムギうどんこ病における感染機構 大内 成志

ホップのわい化病 佐々木真津生

我が国で最近発見された細菌病

後藤 正夫

植物防疫基礎講座

発生予察におけるコンピューター利用(1)

コンピューター利用入門

広崎昭太・中村和雄

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

1部 400円 送料 45円

本会発行図書

防除機用語辞典

用語審議委員会防除機専門部会 編

B6判 192ページ 2,000円 送料 250円

防除機の名称、部品名、散布関係用語など523の用語をよみ方、用語、英訳、解説、図、慣用語の順に収録。他に防除機の分類ならびに散布関係用語、防除機関係単位呼称、薬剤落下分布および落下量の簡易調査法、高性能防除機の適応トラクタの大きさ、防除組作業人員、英語索引を付録とした農業機械と病害虫防除の両技術にまたがる特殊な必携書。講習会のテキスト、海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

フェロモン剤開発のための供試昆虫の大量増殖

理化学研究所 田 付 貞 洋

はじめに

近年、性フェロモンを中心として、重要な農林害虫のフェロモンに関する化学的ならびに生物学的知見が急速に増えつつあるのに伴って、合成フェロモンを利用した新しい防除技術の実用化が急がれている。本稿では、主に性フェロモン剤の開発を行う際に供試される昆虫の大量増殖をめぐる諸問題を取り上げる。

フェロモン剤開発のためといっても、もちろんそのために特別な昆虫の増殖法があるわけではない。フェロモン剤の開発のプロセスの一体どのような場面で、どのように供試虫が使われるのかが分かれば、おのずからそれらの目的を十分に果たすために、供試虫の飼育や取り扱いのうえで特に配慮しなければならない事項が浮かび上がってこよう。

I フェロモン剤開発における供試虫の役割

フェロモン剤の開発を行う場合、供試虫が使用されるのは、主に次の二つの場面においてである。

1 フェロモンの抽出材料として

化学構造が未知のフェロモンの場合、フェロモン剤の開発は、まずその化学構造を解明することから開始される。したがって、分析されるフェロモンの材料を虫体から取り出さなければならないが、よく知られているように、虫体内のフェロモンの含量は一般に極めて少ないため、分析可能な量のフェロモンを得るには多量の昆虫が必要となる場合が多い。

2 フェロモンの生物検定用として

抽出したフェロモンの精製や単離の過程における活性のモニタリング、あるいは合成化合物からのフェロモン活性のスクリーニングなどは、生きた昆虫を用いた生物検定によらねばならない。生物検定は、フェロモン剤開発のいずれの段階においても行われ、正確で簡便な生物検定ができるか否かは、開発の成否を決めると言っても過言ではない重要な事項である。

以上のうち、1の抽出材料にはときとして野外から採集したものが供試されるが、多くの場合は室内で飼育されたものが用いられる。2の生物検定は、季節を問わず

随時行い必要があるところから、ほとんどの場合、累代飼育した昆虫が供試される。したがって、フェロモン剤開発には室内での供試虫の累代大量飼育が不可欠といえることができる。

II フェロモン剤開発のための供試虫の条件

Iで述べたフェロモン剤開発における供試虫の役割を十分に果たすためには、供試虫とその飼育に関して特に必要と思われる幾つかの事項が挙げられる。第一に、フェロモンの抽出材料としての供試虫に望まれることは、フェロモンの生産量が多く、かつ安定していることである。第二に、フェロモンの生物検定に供試される昆虫はまずフェロモンに対する行動が正常であることが必要で、また安定した十分高い感受性を備えていることが望まれる。第三には、フェロモンの分泌やフェロモンに対する反応性には、供試虫の日令、時刻、温度、光などの条件が大きな影響を与えるので、最適な条件下でフェロモンの抽出や生物検定を行うためには、供試虫を所定の条件下で一定期間飼育する、いわゆるプレコンディショニングが必要となる。第四は、フェロモンの抽出材料としても、生物検定用としても、多量の供試虫が必要とされるため、供試虫の飼育の規模が必然的に大きなものにならざるを得ないという点である。

以上四点を挙げたが、初めの二点は飼育する昆虫の集団の質にかかわる事項であり、後の二点は飼育そのものに関する事柄である。以下に、それぞれの事項ごとに具体例を挙げながら解説する。

1 フェロモンの生産性

(1) 飼育集団の性質の変化

フェロモンの生産に影響を与える要因は沢山存在するが、最も基本的なことは飼育されている集団の遺伝的な性質の変化である。このことは次節で取り上げる性フェロモンに対する反応性の変化とも深く関連するが、室内条件下で累代飼育を重ねていると、フェロモンの生産量が低下してくる例が知られている。スジマダラメイガ *Cadra cautella* では、飼育系統と野外系統との間で性フェロモンの生産量に差は認められなかった¹⁾。しかし、リンゴコカクモンハマキ *Adoxophyes orana* では同系交配による飼育系統の性フェロモン生産量は、野外系統より明らかに低下していた²⁾。同様の例はマイマイガ *Por-*

*thetria dispar*でもみられ、更にこの場合は野生系統に見いだされる性フェロモン生産の日周リズムが、飼育系統では全く消失していることが分かった³⁾。これらの例から、フェロモンの抽出材料としては、累代飼育を続けた飼育集団はできれば用いないほうが安全と言えよう。どうしても累代飼育系統を用いる場合は、あらかじめ野外系統との間でフェロモン生産量について比較を行うことが望ましい。

(2) 飼料の質

その他のフェロモンの生産に関係する要因の中で、次に問題と思われるのは、幼虫の飼料の質である。後に述べるように、大量増殖される昆虫はしばしば人工飼料で飼育される。この場合、人工飼料で飼育された虫を本来の食物で飼育された虫と比較して、フェロモン生産量に差がないことを確認しておきたい。少数の例ではあるが、食草に含まれる特殊な成分がフェロモンに利用されている場合もあるからである。例えば、マダラチョウの一種 *Danaus gilippus* では、オスのヘアーペンシルに含まれるピロリジノンが性フェロモンであるが⁴⁾、この物質はこのチョウの幼虫が食べるガガイモ科の植物中のピロリジナルカロイドに由来する。同様の例がハマキガにもあるとされたことがあるが⁵⁾、その後別の研究グループによって誤りであるという報告が出されている⁶⁾。いずれにせよフェロモンの生合成に関する知見が、一部を除いてほとんど蓄積されていない現状では、自然の食物を含まない人工飼料で飼育する場合は一応チェックしておくべきであろう。なお筆者らは、かつてニカメイガ *Chilo suppressalis* の性フェロモンの研究を開始するにあたり、上記の観点から人工飼料を用いずイネの芽ばえを飼料として大量増殖を行った。

フェロモンの生産、分泌に関しては、ほかに光や温度などの環境条件も深く関連するが、これらについては3節にまとめて取り上げたい。

2 フェロモンに対する反応性

フェロモン剤の開発において、いかにして目的とするフェロモン活性を生物検定によって正確に把握できるかは、最も基本的であり重要な課題である。そして、正確な生物検定が行われる前提条件として最も重要なことは、生物検定用に累代飼育された供試虫のフェロモンに対する反応性に、野外の集団のものと比べて差がないということである。

野外から採集した昆虫を、室内条件下において累代飼育を続けていくと、しばしば飼育集団の諸性質が元の野外集団のものから変化してしまうことが知られている。このうち、飼育規模が比較的小さいときには、同系交配

を繰り返すことによって数世代後に急激な生活力の低下を来すことが多い。この場合は、交尾率、産卵量、受精卵の減少など一般的な生活力が衰えるのに伴って、フェロモンに対する反応性も低下する。対策としては、他の集団を移入したり、循環交配⁷⁾を実施することにより、集団の活力の回復を図る。

一方、同系交配による悪影響が生じないと思われるような規模の飼育においても、累代飼育を重ねていくうちに集団の諸性質が変化してしまう場合が多い。これは主として、室内の飼育環境による野外におけるのとは全く異なった選択圧が飼育集団に働くためと考えられ⁸⁾、フェロモンに対する反応性も変わってしまう例が知られている。

スジマダラメイガでは、飼育系統と野外系統との間で性フェロモンに対する反応性が比較されたが差がみられなかった¹⁾。しかし、マイマイガでは性フェロモンに対する雄の反応性、更に交尾能力が、飼育系統では野外系統よりも明らかに低下していた⁹⁾。逆にラセンウジバエ(スクリューワーム) *Cochliomyia hominivorax* のように、累代飼育系統のほうが野生系統よりも性フェロモンに強く反応したという例も知られる⁹⁾。これに似た例としては、ウリミバエ *Dacus cucurbitae* では大量増殖された系統のほうが野外系統よりも交尾能力が高いという報告がある^{10,11)}。

フェロモンに対する反応性の変化だけではなく、これらの行動の発現に関連する諸性質の変化にも注目すべきである。前出のウリミバエの場合、飼育系統は野外系統に比べてより若い日令から交尾を開始するという^{10,11)}。タバコガの一種 *Heliothis virescens* では、飼育系統の蛾は野外系よりも数時間早くから交尾を始める¹²⁾。これらの例にあるように、フェロモンに対する反応そのものだけではなく、フェロモンによって生じる行動が発現する日令、時刻(日周性)なども変化することも多いのでこれらについても注意が必要である。

上に述べてきたような、飼育集団における行動に関連した性質の変化は、飼育が順調に行われていても生じる可能性がある。できれば一定期間ごとに、野外系統との間でフェロモンに対する感受性や行動の型をはじめ、関連する諸性質について比較を行うのが望ましい。

フェロモンに対する反応性は、集団の遺伝的な性質によって第一に規定されるが、フェロモンの生産と同様、環境要因にも強く影響を受ける。この点については次節で触れる。

3 プレコンディショニング

前節までに既に述べたように、フェロモンの生産及び

フェロモンに対する反応性は、ともに供試虫の日令、時刻、温度、光などの条件によって非常に強い影響を受ける。そこで、最適の条件下でフェロモンの抽出や生物検定を行うためには、所定の明暗周期、温度などの条件下に供試虫を保持して、プレコンディショニングを行う必要がある。プレコンディショニングの期間は、一般に供試するまでの数日間であり、通常は蛹期ないしは羽化直後から行われる。

(1) 雄・雌の分別

性フェロモンの場合は、交尾してしまうとフェロモンの生産が停止または激減する。また、性フェロモンを受容する側（通例は雄）は一定以上の濃度に触れると、その後しばらくは性フェロモンに対する感受性が著しく低下した状態が続く。これらを防ぐためには、羽化した雄と雌を別々に保存する必要がある。羽化後間もなく交尾が行われる種類では、通常蛹の時期に雄、雌の分別がなされる。羽化後、性的に成熟するまでに日数を要する種（ミバエの類、蛾の一部など）では羽化直後の成虫で分けてもよい。なお、分けた雄と雌は、別々の容器に保存するだけでなく、性フェロモンに接触することがないように配慮しなければならない。

(2) 光と温度

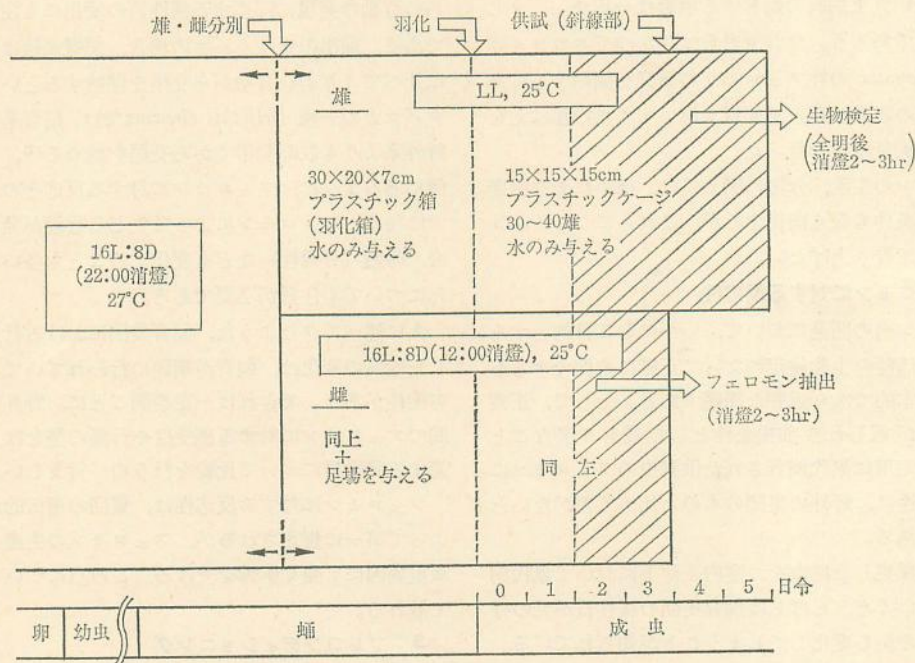
フェロモンの分泌やフェロモンによって起こる行動は、一般に日周リズムを示す。このリズムは、主に供試

虫のおかれている光周条件と昆虫自身の持っている内因リズムとによって決定される。したがって、抽出や生物検定を行いたい時刻に供試虫の活性を一致させるためには、与える明暗周期の位相を適当にずらしてプレコンディショニングを行えばよい。また暗期に活動する種では、全明条件下に数日間供試虫を保持すると日周リズムが消失し、任意の時刻に検定が可能になる^{13,14)}。またこの方法によると、プレコンディショニングの間の供試虫の自発的活動（はばたき、歩行など）が抑制されるため、供試虫が傷ついたり衰弱するのを防げるという別の利点もある。

夜行性の蛾の中には、数°Cの温度の低下が消燈と同様の効果をもたらして、フェロモンに対する反応性を高めるといふ例が知られている¹⁵⁾。このことは逆に供試虫のプレコンディショニングにおける温度の管理の重要性を示しているとも言える。

(3) その他

そのほか、供試虫を良い状態で保存するために配慮すべき幾つかの点を挙げておく。まず、供試虫を保持するための容器は、過湿を避けるためケージ様のものが望ましい。また乾燥し過ぎないように、水で湿らせた脱脂綿、スポンジなどを入れておく。昆虫によって必要ならば食物を与える。一つの容器に収容する供試虫の数は、あまり多くしないほうがお互いの干渉が少なくてよい。



ニカメイガの性フェロモンの抽出及び生物検定のための供試虫のプレコンディショニング (田付原図)

なお容器の内側が平滑な場合、折り目をつけた紙などを入れて足場を与えてやるとよい。

図に、筆者らがニカメイガの性フェロモンの抽出、生物検定のために行っているプレコンディショニングの概要を示した。

4 大規模飼育

フェロモンの抽出材料には、しばしば多量の供試虫が必要とされる。また生物検定にも、定量的検定が望ましいことや、網室あるいは風洞を用いた放飼テストを行うことを考慮すると、相当多量の供試虫が使用される。そのため、どうしても飼育の規模を大きくせざるを得なくなるが、そうなるとそれに伴って色々の問題点も生じてくる。それらのうち主なものとして飼育コストの軽減と病気の予防について触れておきたい。

(1) 飼育コストの軽減

飼育コストのうち、労賃の占める割合は飼料費よりも大きいと言われる¹⁰⁾。労働力を軽減することが、したがって飼育コストを下げるうえで最も重要かもしれない。ここでは機械化によるものは除外し、もっぱら個々の飼育技術の改良を考えてみる。飼育に向けられる労働は多岐にわたっており、それぞれの場面でのきめ細かい改良への努力が、意外に有効な労働力の軽減につながるが多い。個々の改良点については、ほとんど一般に発表される機会もないのが残念である。例えば、筆者らはニカメイガの大量累代飼育において、飼育容器を特注していたガラス製から、ほぼ同型の市販のプラスチック製に変えるという極めて簡単な改良(?)によってすら、びんの原価、破損の頻度、洗浄に要する労力をそれぞれ大幅に軽減することができた。またこの種では、綿栓中で蛹化した蛹の取り出しが大変手間を要する作業であったが、綿栓に代わって段ボールの小片を使用することにより作業能率を格段に高めるとともに、この場合は材料費が不要となった。

飼育コストを軽減するうえで、もう一つの重要な事項は飼料の改良であろう。食植性の昆虫の場合、一部の小型の種を除いていわゆる生餌を用いて大量増殖を行うことは得策ではない。そのために、一方では自然の食物に近いものという観点から幼植物(イネやナタネの芽ばえなど)が利用され、他方では組成が単純化され、しかも入手しやすい材料からなる人工飼料が盛んに開発されている。フェロモン剤開発のために供試されることを考慮すると、既に述べたように、本来の食物の入らない人工飼料を用いる場合は、特にフェロモンの生産に問題がな

いかどうかをチェックするのが望ましい。

(2) 病気の予防

ウイルス病など昆虫に発生する病気は、しばしば短時間のうちに飼育集団全体に広がり、壊滅的な影響を与える。飼育の規模が大きくなるほど、一度病気が発生すれば損失も大きくなる。したがって、飼育室の環境の整備や飼育容器、器具の消毒などを常に行って、病気の発生を極力予防しなければならない。また、飼育容器内が過密、過湿になると病気が発生しやすいので、できるだけ乾燥した状態が保たれるようにする。

筆者らの経験したところでは、ニカメイガをイネの芽ばえで飼育すると、不可避免的に飼育容器内は高密度、高湿度(～100% R.H.)となり、油断すると種々の病気が出現する。しかし、早期に病虫を発見し取り除くことによって、現在まで壊滅状態に陥ったことはない。しかし、軟化病の発生率が高いときは、羽化した成虫は寿命が短く、また行動も不活発でフェロモンの生物検定などに供試することができない。

引用文献

- 1) SOWER, L. L. et al. (1973): Ann. Ent. Soc. Amer. 66: 484～485.
- 2) MINKS, A. K. (1971): Entomol. Exp. Appl. 14: 361～364.
- 3) RICHESON, J. V. and E. A. CAMERON (1974): Environ. Entomol. 3: 475～481.
- 4) MEINWALD, J. M. et al. (1969): Science 164: 1174～1175.
- 5) HENDRY, L. B. et al. (1975): ibid 188: 59～62.
- 6) MILLER, J. R. et al. (1976): ibid 192: 140～143.
- 7) 釜野静也 (1973): 農技研報告 C 27: 1～51.
- 8) HUETTEL, M. D. (1976): Environ. Entomol. 5: 807～814.
- 9) FLETCHER, L. W. et al. (1968): J. Econ. Entomol. 61: 1386～1388.
- 10) 添盛 浩ら (1980): 応動昆 24: 246～250.
- 11) SUZUKI, Y. and J. KOYAMA (1980): Appl. Entomol. Zool. 15: 215～224.
- 12) RAULSTON, J. R. et al. (1976): Environ. Entomol. 5: 195～198.
- 13) 玉木佳男ら (1969): 防虫科学 34: 107～
- 14) TATSUKI, S. et al. (1975): ibid 40: 150～
- 15) 野口 浩 (1979): 応動昆 23: 22～
- 16) 釜野静也 (1978): “昆虫フェロモンとその利用—特に開発システムを中心として” 日本植物防疫協会.

寄生性天敵の大量増殖

農林水産省野菜試験場 矢 野 栄 二

はじめに

FINNEY and FISHER (1964)⁸⁾は、農作物害虫の生物的防除に利用する天敵の大量増殖にあたっての目標を、“できるだけ短期間で、できるだけ安く、最小の人力と空間で、産卵能力のある天敵の雌成虫をできるだけ多く生産することである”と述べている。これはすなわち、天敵の大量増殖の効率化、経済性の重要性を示唆している。天敵の利用が実用的な害虫防除技術として普及するには、殺虫剤利用の化学的防除との競合において、防除コストの点で優位に立つことが望ましいから、これは当然のことであると言えよう。

一方 1970 年以降になってからは、天敵の大量増殖における虫質管理 (quality control) の重要性が主張されるようになってきた^{1,2,9)}。人工の飼育虫に見られる生活力 (vigor) の低下は、ごく普通の現象であり、それを管理する手法を抜きにしては、有用な天敵の人工増殖は成り立たない。近年、天敵の生物農薬の利用、接種の利用の発展が強く期待されるようになってきているが^{12,16)}、そのためには長期にわたる質の良い天敵の大量増殖と安定供給が必要不可欠であると考えられる。このような意味合いにおいて、虫質管理の手法の確立は極めて重要であると言える。

ここでは寄生性天敵の大量増殖と害虫防除への利用の現状について最初に概略を紹介し、次に天敵の大量増殖の二つの重要な側面である、経済的な大量増殖と虫質管理についてその概要を述べる。

本稿においては、寄生性天敵の大量増殖技術の実際については、紙数の制約上触れなかった。それらは、MORRISON and KING (1977)¹⁰⁾により概要を知ることができる。必要の向きは参照されるようお願いするしだいである。本文に先立ち、本稿を御批判いただいた腰原達雄室長に厚くお礼申し上げる。

I 寄生性天敵の大量増殖と利用の現状

第 1 表に世界各国で近年実用的な害虫防除手段として利用されている主要な寄生性天敵の種類と、その放飼による防除面積を示した。海外においては、寄生性天敵の害虫防除への利用が大きく進展していることが分かる。その中で、最も広範に利用されている天敵は *Trichogramma* 属の卵寄生蜂である。ソ連がその最大の生産国と思われる¹⁰⁾。ソ連では毎年数 10 億頭の卵寄生蜂を生産しているものと推定され、その放飼面積は延べ 740 万 ha にも及んでいる。次いで多いのは中国で、68 万 ha のワタ畑で防除のため放飼されているのをはじめ、イネやトウモロコシの害虫防除にも大量に利用されてい

第 1 表 害虫防除に利用されている寄生性天敵 (STARLER and RIDGWAY¹³⁾)

国 名	作 物 名	害 虫	天 敵	放飼面積 (ha)
ソ 連	コムギ・トウモロコシ	カブラヤガ <i>Agrotis segetum</i> Ostrinia nubilalis <i>Autographa gamma</i>	<i>Trichogramma</i> spp.	568 万
	テンサイ	ヨトウガ <i>Mamestra brassicae</i> <i>Autographa gamma</i>	<i>Trichogramma</i> sp.	148 万
中 国	トウモロコシ	Ostrinia nubilalis	<i>Trichogramma</i> sp.	5.7 万
	ワタ	鱗翅目害虫	<i>Trichogramma</i> sp.	68 万
ア メ リ カ	カンキツ類	アカマルカイガラムシ <i>Aonidiella aurantii</i>	<i>Aphitis</i> sp.	4,400
イ ギ リ ス	キュウリ	オンシツコナジラミ <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Encarsia</i> sp.	80 (施設)
	トマト	オンシツコナジラミ <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Encarsia</i> sp.	240 (施設)
オ ラ ン ダ	トマト	オンシツコナジラミ <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Encarsia</i> sp.	600 (施設)
イ タ リ ア (シシリー島)	オリーブ	<i>Dacus oleae</i>	<i>Opius</i> sp.	2,760

第2表 寄生性天敵の販売価格と生産コスト
(STARLER and RIDGWAY¹³⁾)

天 敵	販 売 価 格 ドル/1,000頭	生 産 コ ス ト ドル/1,000頭
<i>Trichogramma</i> sp.	0.125	0.03
<i>Aphytis melinus</i>	1.25	—
<i>Spalangia endius</i>	1.25	0.50

る⁸⁾。そのほか、この属の卵寄生蜂は南アメリカや台湾でも防除に利用されている¹⁶⁾。アメリカで大量生産されている寄生性天敵としては、*Trichogramma* 属の卵寄生蜂と、アカマルカイガラムシの寄生蜂 *Aphytis melinus* が挙げられる。毎年前者は約 33 億頭、後者は約 2 億頭生産されている¹³⁾。この大量増殖を行っているのは、アメリカ合衆国農務省と Rincon Vitova Insectaries, Fillmore District Insetary などの民間会社である (LUCK, 私信)。ヨーロッパでは、温室内のトマト・キュウリなどのオンシツコナジラミの防除に *Encarsia formosa* の利用が普及してきている。*Encarsia formosa* の大量増殖は、Koppert (オランダ) などの民間会社によって行われている。

天敵の生産コストについては断片的知見しか見当たらないが、第2表にアメリカの Rincon Vitova Insectaries で生産している寄生性天敵の生産コストと、販売価格を示した (1976 年現在)。その他 FINNEY et al. (1947)⁶⁾ は、ジャガイモガを代替寄主とした場合のヒメバチの一種 *Macrocentrus ancyliivorus* の生産コストを、1,000 頭当たり 0.78 ドルと推定した。ヤドリバエの一種 *Lixophaga diatraeae* の生産コストは、ハチミツガ *Galleria mellonella* を代替寄生として利用した場合、1,000 頭当たり 9.8 ドルであった¹⁰⁾。

一方 SCOPES (1969)¹⁴⁾ は、イギリスでの *Encarsia formosa* の 1,000 頭当たりの生産コストを 0.39 ポンドと計算した。現在、オランダの Koppert では、1,000 頭当たり約 4 ドルのコストで *Encarsia formosa* を生産している (VAN LENTEREN, 私信)。

天敵の生産に要する労力は、生産工程の機械化や、後述のような代替寄主の利用などにより大きく節減されるものと期待される。しかし、詳細に公表された知見はほとんどない。MORRISON ら (1976)¹¹⁾ は、バクガを代替寄主として *Trichogramma pretiosum* を大量増殖する場合、日当たり 70 万頭の割合で生産するのに、1 人で半日分の仕事になるとしている。DeBACH and WHITE (1960)⁴⁾ は、シロマルカイガラムシで *Aphytis lingnanensis* を大量増殖するのに、2 人がフルタイムで働いて日当たり 63 万頭の雌成虫を生産できるものと推定した。

またオランダでは、現在週 300 万頭の *Encarsia formosa* を生産するのにフルタイムで 3 人の人手が必要であるという (VAN LENTEREN, 私信)。

II 経済的大量増殖

1 経済的な大量増殖に適した寄生者、寄主、寄主植物の生物学的特性

寄生性天敵の大量増殖には、通常寄主昆虫の餌として用いる植物の栽培(または餌の調合)、寄主昆虫の飼育、及び寄生者である天敵の飼育という三つの段階を経なければならない。FINNEY and FISHER (1964)⁵⁾ は、経済的大量増殖に際して望まれる天敵、寄主、寄主植物の生物学的特性について論じている。これを基にして、寄生者、寄主、寄主植物について望ましい生物学的特性を挙げると次のとおりである。

(1) 寄生者

- ① 単為生殖するか、もしくは人工環境条件下で容易に交尾する。
- ② 人工環境条件下で容易に産卵する。
- ③ 雌の性比が高い。
- ④ 寄主昆虫の体液を吸汁し、それを死亡させるいわゆる host feeding はしない。
- ⑤ 寄生された寄主と、そうでないものを識別できる。

(2) 寄主

- ① 寄生者が容易に寄生できる。
- ② 寄生に好適な発育令期間が長い。
- ③ 人工飼料で飼育できる。
- ④ 増殖能力が高い。
- ⑤ 単為生殖するか、もしくは人工環境条件下で容易に交尾する。
- ⑥ 寄生者の活動を妨害するような、甘露、絹糸、ろう物質などを分泌しない。
- ⑦ 広食性である。
- ⑧ 病気にかかりにくい。
- ⑨ 休眠しない。

(3) 寄主植物

- ① 室内の人工環境条件によく適応できる。
- ② 寄主の栄養要求を満たす。
- ③ 経費をあまりかけずに利用が可能である。
- ④ 栽培が簡単である。
- ⑤ 寄主の餌としての質が低下しにくい。

2 経済的大量増殖

寄生性天敵の大量増殖は、通常、①寄主植物の栽培または寄主の餌の調合、②寄主の飼育、③寄生者の飼育と

いう三つの段階を経なければならない。原則的にいって、経済的に増殖するには、①→②、②→③へ移行するときの効率を最大にすればよい。すなわち、一定量の寄主植物（寄主の餌）当たり生産される寄主の数、寄主1頭当たり生産される寄生者の数が最大になるようにすればよい。そのためには過密の悪影響が出ない程度の高密度で寄主を飼育すること、寄生を免れる寄主がでないように寄生者を寄生させることが必要である。天敵を寄主に効率よく寄生させるには、寄主の発育ステージをそろえることが大切であり（寄生者は普通寄主の特定の発育ステージしか攻撃しない）、また寄生の仕方に空間的むらが生じたり、過寄生の悪影響が出ないように注意しなければならない。寄主の最適飼育密度、寄生させるときの寄主と寄生者の最適比率は実験的に求める必要があるものと考えられる。

飼育の規模は必要に応じて変更できるほうが好都合なので、上記の3段階について最小の飼育ユニットを決めておくのとよい⁵⁾。このユニットとしては小さな飼育容器からケージ、部屋まで様々な大きさのものが考えられるが、小さなユニットのほうが有害な昆虫、小動物の侵入、微生物による汚染を防ぐ意味でも、空間の有効利用という点でも優れている。ただ、小さなユニットは、換気の点で問題がある。ユニット当たりの天敵の生産量が決めれば、ユニットの数で自由に天敵の生産量を設定できる。

STINNER (1977)¹⁶⁾は、天敵の生産コストを下げるための改善策を提案している。その一つは、天敵の人工飼料による飼育である。既に *Pteromalus puparum*, *Exeristes roborator*, *Itoplectis conquisitor*, *Trichogramma pretiosum* などの幾つかの寄生性天敵では実験的に成功しており、今後の発展が期待される。もう一つは生産の機械化である。ソ連での *Trichogramma* の大量増殖は既にミニコンピュータによりオートメ化されているようである。最後の一つは天敵の貯蔵技術の改良である。低温貯蔵については後でも述べるが、現在ではまだ実用技術として不十分であり、数か月程度の貯蔵が可能となるような貯蔵技術の開発が望まれる。

3 代替寄主の利用

天敵の大量増殖には生産コストを下げるため、あるいは取り扱いの便利さから、野外での通常の寄主とは異なる代替寄主が利用されることがある。第3表に幾つかの例を示した。

Trichogramma の大量増殖には代替寄主としてバクガの卵が最もよく使われている。中国ではクスサンの卵を用いている。*Aphytis lingnanensis* の増殖にシロマルカイ

第3表 寄生性天敵の大量増殖に利用される代替寄主 (MORRISON and KING¹⁰⁾)

寄生性天敵	代替寄主	野外の寄主
<i>Trichogramma</i> spp.	バクガ <i>Sitotroga cerealella</i> クスサン <i>Samia cynthia</i> ジャガイモガ <i>Phytophthora</i> <i>operculella</i>	多数の鱗翅目害虫
<i>Macrocentrus ancylovorus</i>		ナシヒメシノクイ <i>Grapholitha molesta</i>
<i>Aphytis lingnanensis</i>	シロマルカイガラムシ <i>Aspidiotus nerii</i>	アカマルカイガラムシ <i>Aonidiella aurantii</i>
<i>Bracon kirkpatricki</i>	シロイチモジヨトウ <i>Spodoptera exigua</i>	ワタアカミムシ <i>Pectinophora gossypiella</i>
<i>Lixophaga diatraeae</i>	ハチミツガ <i>Galleria mellonella</i>	<i>Diatraea saccharalis</i>

ガラムシを代替寄主として用いると、野外で普通に寄主となるアカマルカイガラムシを用いる場合に比べ、寄生者の攻撃に好適な期間がはるかに長く、生産した雌成虫も体が大きく、また雌の性比が高く、極めて良好な結果が得られた⁵⁾。*Lixophaga diatraeae* の増殖に代替寄主としてハチミツガを利用すると、通常の野外での寄主 sugar cane borer を用いた場合に比べ、生産コストを81%も削減できた。しかし代替寄主の利用は、天敵の放飼による防除効果の低下を招く可能性が考えられる¹⁰⁾。その一つの理由は幼虫期の条件付けによる寄主選好性の変化である。しかし、この現象は代替寄主の利用に伴う一般的現象ではなく、重要なのはむしろ代替寄主の利用によって体の小型化、産卵数の減少、寿命の短縮などが起こる恐れのあることで、*Trichogramma* では既にこのような事例が報告されている。このため、MORRISON and KING (1977)¹⁰⁾ は、大量増殖のための研究において、少なくとも最初の段階では、防除対象となる害虫そのもので天敵を飼育できるように努力を払うべきだとしている。

4 天敵及び寄主の貯蔵

貯蔵技術は天敵の生産コストを下げるための重要な要素の一つである¹⁶⁾。天敵の需要は季節的変動が大きいので、長期貯蔵ができれば、飼育規模を拡大することなく需要のピークに間に合わせる事が可能になる。

天敵の貯蔵には、一般に低温処理が行われる。第4表に寄生性天敵の貯蔵のための低温条件と貯蔵期間を示した。しかし、*Trichogramma pretiosum* や *Lixophaga diatraeae* のように10日余りの貯蔵しかできないよう

第4表 寄生性天敵の低温貯蔵 (MORRISON and KING¹⁰⁾, SCOPES et al.¹⁵⁾, STINNER et al.¹⁷⁾)

天 敵	温 度 条 件	貯 蔵 期 間
<i>Trichogramma pretiosum</i>	16.7°C で 5 日間 以後 15°C	12 日
<i>Encarsia formosa</i>	13°C で 20 日間 以後 22°C	21 ~ 27 日
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	16°C で 12 時間 以後 5°C	2 ~ 3 日
<i>Aphidius smithi</i>	1 ~ 4°C	2 か月以上
<i>Lixophaga diatraeae</i>	15.6°C	14 日

は、上記のような目的には不十分であろう。

寄主の低温貯蔵を行うこともある¹⁰⁾。*Trichogramma* の増殖に利用されるチャマダラメイガは、紫外線照射後、4°C の低温条件下で 60 日も貯蔵が可能である。*Lixophaga diatraeae* の増殖に利用されるハチミツガの場合、蛹態で 10~13°C の条件で数か月貯蔵できる。

低温貯蔵は、しばしば天敵の羽化率、交尾率、成虫の寿命、産卵数などを低下させることが知られている。低温貯蔵した天敵とそうでないものとで見られるこのような生活力の差異は、野外条件下では更に拡大されることも考えられるので、注意を払う必要がある^{10,16)}。

III 虫 質 管 理

室内の人工飼育虫は長期にわたる継代飼育の結果、野外虫とは異なる生物学的特性を示すようになることが多い。これには遺伝的変異の減少などの遺伝的变化^{1,2,3,7,9)}と、小型化、産卵数の減少、寿命の短縮、性比の変化、休眠の欠除、日周期リズムの変化、寄主選好性の変化などの生理学的変化⁹⁾と、飛しょう能力の低下、寄主定位行動及び配偶行動の変化などの行動学的変化が挙げられる¹⁾。人工飼育虫は放飼利用に際し、野外虫と同様の生物学的特性を示すことが望まれるから、このような飼育虫の劣悪化のモニタリング手法や、それを防止するような飼育法・条件を検討する必要がある。

人工飼育虫の質的变化を引き起こす過程としては、遺伝子浮動、選択による遺伝的過程と、条件付け、学習などによる非遺伝的過程とが考えられる。

他の地域から新しい天敵を導入するような場合は、その種の遺伝的変異性の保持が問題となる。そのためには、なるべく分布の中心域から広域にわたって、大量増殖の基になる天敵を採集すること、遺伝子浮動による遺伝的同型性 (homozygosity) の増加を遅らせるため、なるべく最初から大きな集団で飼育するほうがよいとされている⁹⁾。遺伝的変異性のモニタリング手法としては、

第5表 寄生性天敵の生物学的特性とモニタリング手法 (HEUTTEL⁷⁾)

主 要 要 因	測定する特性	モニタリング手法
放飼地域への定着	遺伝的変異	アロザイムの電気泳動
生活史	産卵数、繁殖力、 発育	直接調査
分散	分散の性向 分散能力	startle chambers actograph フライトミル 標識再捕 野外ケージ試験
生存	微気象の選択 栄養物質の利用	EAG, 嗅覚計 野外生物検定, 標識再捕 選択試験 嗅覚計
交尾場所への定位	寄主植物への定位	
産 卵	寄主選択	

アロザイム (対立遺伝子) 検出のための電気泳動法の利用が注目されている^{2,7)}。また、野外虫を採集して室内で大量増殖するということは、人為的生殖隔離であり、知らず知らずのうちに実験室内条件に適応した系統を選択している危険性を内在している¹⁾。したがって飼育虫の生理学的、行動学的変化には常に注意を払わなければならない。

非遺伝的な変化は、経済的大量増殖のために設定された特異な環境条件が原因となって引き起こされる。代替寄主の利用に関する問題点については既に述べたが、そのほか不良な栄養条件、病気、人為的操作、あるいは適当な感覚的刺激の欠除、不適当な感覚的刺激の存在のため、行動学的、生理学的変化が引き起こされる可能性がある。室内での日長や温度条件が、野外虫との日周期リズムの不一致や極端な温度条件に対する耐性の低下をもたらすことも考えられる⁹⁾。

天敵の大量増殖にあたって、重要視されなければならない特質としては、適応力、増殖力、定着性の三つを挙げることができると言われている²⁾。しかし、これは新しい天敵の導入、定着による防除を目的とした場合のことで、生物農薬の利用、接種の利用を図ろうとする場合には高い防除効果に直結した要素である、寄主探索能力、寄主特異性、寄主との時間的空間的同調性などを重要視すべきであろう。第5表にこれらの生物学的特性のモニタリング方法を示した。BOLLER and CHAMBERS (1977)²⁾は、個々の生物的特性を別個にモニターするだけでなく、全体的 (overall) 虫質をモニターするための野外放飼試験を並行して行うことを提言している。

天敵の大量増殖における虫質管理は、質の良い人工飼育虫を随時大量に必要とする、天敵の生物農薬の利用、接種の利用に重大なかわりを持っている。効果的な虫

質管理手法を確立するためには、その基礎となる天敵の行動学、遺伝学の進展が強く望まれる。

引用文献

- 1) BOLLER, E. (1972) : Entomophaga 17 : 9~25.
- 2) ——— and D. CHAMBERS (1977) : Biological Control by Augmentation of Natural Enemies. Eds. R. L. RIDGWAY and S. B. VINSON, Plenum Press, New York : 219~236.
- 3) CHAMBERS, D. (1977) : Ann. Rev. Entomol. 22 : 289~308.
- 4) DeBACH, P. and E. B. WHITE (1960) : Calif. Agric. Exp. Stn. Bull. 770 58 p.
- 5) FINNEY, G. L. and T. W. FISHER (1964) : Biological Control of Insect Pests and Weeds. Ed. P. DeBACH, Chapman and Hall, London : 329~355.
- 6) ——— et al. (1947) : Hilgardia 17 : 437~483.
- 7) HEUTTEL, M. D. (1976) : Environ. Entomol. 5 : 807~814.
- 8) HUFFAKER, C. B. (1977) : Biological Control by Augmentation of Natural Enemies. Eds. R. L. RIDGWAY and S. B. VINSON, Plenum Press, New York : 329~340.
- 9) MACKAUER, M. (1976) : Ann. Rev. Entomol. 21 : 369~385.
- 10) MORRISON, R. K. and E. G. KING (1977) : Biological Control by Augmentation of Natural Enemies. Eds. R. L. RIDGWAY and S. B. VINSON, Plenum Press, New York : 183~218.
- 11) ——— et al. (1976) : Southwestern Entomol. 1 : 74~80.
- 12) RIDGWAY, R. L. and S. B. VINSON (1977) : Biological Control by Augmentation of Natural Enemies. Plenum Press, New York.
- 13) STARLER, N. H. and R. L. RIDGWAY (1977) : ibid. : 431~450.
- 14) SCOPES, N. E. A. (1969) : Pl. Path. 18 : 130~132.
- 15) ——— et al. (1973) : ibid. 22 : 189~193.
- 16) STINNER, R. E. (1977) : Ann. Rev. Entomol. 22 : 515~531.
- 17) ——— et al. (1974) : Environ. Entomol. 3 : 505~507.

人事消息

○植物防疫所

☆横浜植物防疫所

広田 貞子氏 本所総務部庶務課福利厚生係長
 杉村 玲典氏 “ “ “ 課長
 月澤 徳蔵氏 “ “ 会計課長
 高田 昌稔氏 “ 調査研究部害虫課長
 長尾 記明氏 “ “ 病菌課防疫管理官
 小林 敏郎氏 “ “ “ 課長
 松谷 茂伸氏 “ “ 調査課長
 尊田 望之氏 “ 業務部国際第一課長
 末次 哲雄氏 “ “ 国内課防疫管理官
 潮 新一郎氏 “ “ 国際第一課第2係長
 堤 泰孝氏 “ “ 国際第二課防疫管理官
 松原 芳久氏 “ 研修指導官
 松島 健一氏 “ 調整指導官
 蔵 松男氏 札幌支所留萌出張所長
 松本 安生氏 成田支所長
 石塚 拓氏 “ 業務課防疫管理官
 秦 二郎氏 “ “ “

☆名古屋植物防疫所

篠田 辰彦氏 本所長
 岩崎勘十郎氏 “ 国際課防疫管理官
 香川 正明氏 敦賀出張所長

☆神戸植物防疫所

石崎 英夫氏 本所国際第一課防疫管理官
 須々木孝雄氏 “ 国際第二課輸入第1係長
 堂園 睦男氏 “ 国際第三課
 水流 照男氏 “ 国内課長
 和気 彰氏 “ 調整指導官
 宮後 優氏 伊丹支所国内係長

横浜植物防疫所業務部国際第一課第4係主任
 農蚕園芸局農産課課長補佐 (庶務班担当)
 農業検査所総務課課長補佐
 門司植物防疫所調整指導官
 九州大学助手
 横浜植物防疫所業務部国際第二課防疫管理官
 農業検査所検査部生物課長
 横浜植物防疫所調査研究部害虫課長
 “ “ 病菌課防疫管理官
 門司植物防疫所国内課防除係長
 横浜植物防疫所成田支所業務課防疫管理官
 “ 業務部国内課防疫管理官
 神戸植物防疫所国内課長
 横浜植物防疫所業務部国際第1課第4係長
 “ “ “ 課長
 “ 札幌支所留萌出張所長
 国土庁小笠原総合事務所専門調査官

横浜植物防疫所成田支所長
 名古屋植物防疫所敦賀出張所長
 神戸植物防疫所広島支所国内係長

横浜植物防疫所成田支所業務課防疫管理官
 神戸植物防疫所広島支所尾道出張所
 国土庁小笠原総合事務所
 門司植物防疫所名瀬支所長
 横浜植物防疫所研修指導官
 神戸植物防疫所国際第三課

捕食性天敵の大量増殖

静岡県柑橘試験場 ^{ふる}古 ^{はし}橋 ^か嘉 ^{いち}一

捕食性天敵は、寄生性天敵に比べて害虫を探し歩くための時間の浪費、環境条件や薬剤散布の影響を受けやすいことなどの欠点を持つが、一頭で多くの害虫を捕食する利点を持ち、短時間で、害虫密度を低下させるものが多い。現在捕食性天敵で、限られた面積での生物農薬的な利用や定着後の天敵が薬剤散布や環境条件の悪化により、害虫を抑制できない密度に低下した場合など、大量増殖して放飼し害虫防除を行っている例がある。ここでは、3種類の捕食性天敵の大量増殖法について紹介する。

I ベダリアテントウ

ベダリアテントウ（以下、ベダリアと略称）*Rodolia cardinalis* MULSANT はイセリヤカイガラムシ（以下、イセリヤと略称）の天敵で世界最初の人為的導入による害虫防除の成功例として余りにも有名な天敵である。本種は我が国へは 1911 年、静岡県に侵入したイセリヤの防除に初めて導入され、その後静岡県農業試験場、静岡県柑橘試験場で農林水産省の補助事業により大量増殖が続けられ、全国のカンキツ栽培地域のイセリヤ防除のために配布されている。ベダリアはイセリヤの生息できる環境では生息できることから、イセリヤが害虫化する地域には定着し、イセリヤの密度を抑制している。しかし、果樹園での不適当な薬剤散布や管理作業などにより、ベダリアの密度が低下し、イセリヤの被害が問題化することがあり、その場合には人工増殖したベダリアを放飼して防除する方法が行われている。以下、現在静岡県柑橘試験場で行われている大量増殖方法について述べる。

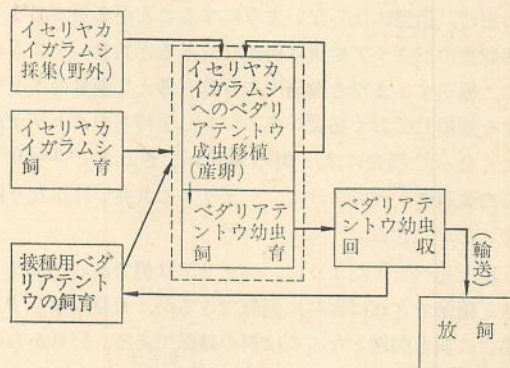
1 餌の供給方法

ベダリアの餌であるイセリヤは雑食性で種々の草本及び木本植物に寄生し、100 種以上の寄主植物が知られている。イセリヤの大量増殖の試みは、今までカボチャ、ダイズ苗、ジャガイモの発芽茎などで試みられたが、①卵から成虫までの発育期間は最適温度下で 55~60 日と多くの日数を要する、そのため、飼育用植物が飼育途中で枯死することが多く飼育用植物が限定される、②飼育中に多量の honeydew を分泌するため、それにすす病が発生し、飼育用の植物が早く枯死することが多い、などの理由により、現在までのところ実用的には成功していな

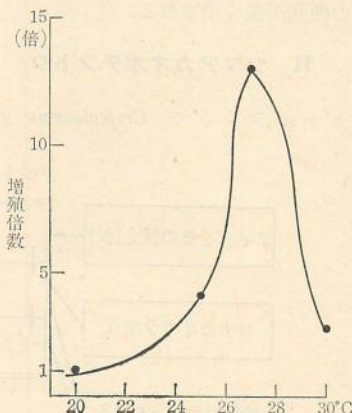
い。現状では大量増殖用のイセリヤは、野外のミカン園やその他の寄主植物から採集したものを利用している。

2 ベダリアテントウの大量増殖方法

ベダリアの大量増殖の飼育手順について静岡県柑橘試験場で行われている方法について示すと第 1 図のとおりである。ベダリアの増殖量はその発育速度、産卵数などから計算すると、第 2 図に示したように 27°C が最適温度であるので 27°C、70~80% R. H. の飼育室で飼育する。飼育は野外で採集したイセリヤまたは飼育によって得られたイセリヤを約 5°C の冷蔵庫内に貯蔵する。貯蔵中は乾燥し過ぎないように注意する。ベダリアの飼育開始は、放飼後の捕食活動が活発となる 4 月を放飼時期の目安として 3 月の上旬ごろとする。まず、貯蔵中のイセ



第 1 図 ベダリアテントウの大量生産過程



第 2 図 20°C の増殖量を 1 としたときのベダリアテントウの温度別増殖量（竹内・西野, 1976 より作図）

リヤを縦 16.5 cm, 横 11.5 cm, 高さ 5.0 cm のプラスチック製容器に 40 g 入れ, これにベダリアの成虫を雌, 雄それぞれ 10 頭ずつ入れ, ふたをして 5 日間産卵させる。この間に産卵される卵は約 1,400 個である。5 日間経過したら飼育容器内の成虫は回収し, 次のイセリヤを入れた飼育容器内に移し産卵させる。同一成虫でこれを 3~4 回繰り返すことができる。ベダリア成虫はイセリヤの体表面や卵のう上に産卵され, 卵は約 4~5 日でふ化し, 1 令幼虫が発生してくる。2 令, 3 令, 4 令, 蛹, 成虫と発育するが, 卵から 4 令までの発育日数は 27°C で約 12 日間である。飼育容器に入れた 40 g のイセリヤで, 容器内に産卵されたベダリアを 3~4 令まで飼育し, ほとんどの個体が 3~4 令幼虫になるかまたは容器内の餌がなくなったら, 容器内の幼虫を細筆を用いて回収し, 輸送用の紙袋に入れて放飼地へ輸送配布する。1 容器から回収できるベダリアの幼虫数は約 1,000~1,200 頭である。飼育容器内の湿度が高くなると, イセリヤの表面にカビが生えやすいので, 飼育室内の湿度の調節に心掛け, 過湿にならないようにすることが必要である。回収後のベダリア幼虫は餌がなくなると共食いをするので, 輸送するまでと輸送中の日数を考えて適量のイセリヤを補給しておく必要がある。もし手持ちのイセリヤがなくなった場合には, 餌の補給ができるまで 5~10°C の冷蔵庫に入れておけば, ベダリアの共食いはかなり防ぐことができる。

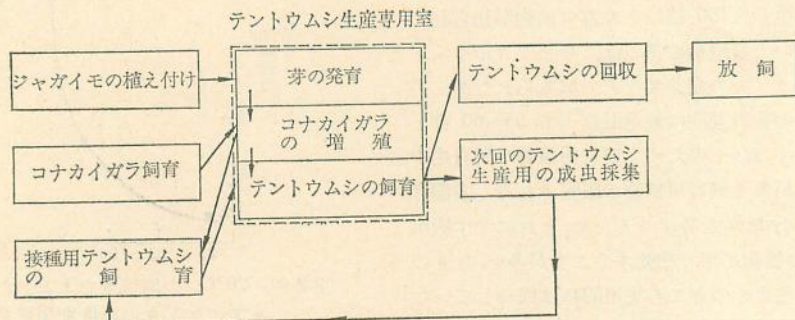
以上述べてきたように, ベダリアは餌であるイセリヤさえ確保できれば容易に飼育できるが, 大量増殖する場合に最も問題となるのは餌の確保である。野外からのイセリヤ採集では安定して餌を確保するためには多大の労力が必要となる。今後, 餌であるイセリヤの効率的な増殖方法の開発が強く望まれる。

II ツマアカオオテントウ

ツマアカオオテントウ *Cryptolaemus montrouzieri*

MULSANT はコナカイガラムシ類の天敵でありオーストラリアからアメリカのカリフォルニア州に導入され, その後 33 国でその利用が試みられた。SMITH and ARMITAGE (1931) により大量増殖法が開発され, カリフォルニア州のカンキツ栽培地域に最盛期には 14 の天敵飼育所が設立され, 本種の大量増殖が行われた。現在も Santa Paula 市にある Santa Paula Insectary ではコナカイガラ防除のための大量増殖が続けられている。

ツマアカオオテントウは, コナカイガラムシ類のほかにもそれ以外のカイガラムシの歩行幼虫やアブラムシを食べる多食性の捕食性天敵である。コナカイガラムシ類の中でテントウムシの増殖に最も適した種類はミカンコナカイガラムシ *Planococcus citri* Risso であり, テントウムシの増殖にはミカンコナカイガラが餌として利用される。ミカンコナカイガラの飼育用植物としては, ジャガイモの発芽茎やカボチャの果実などが挙げられているが, 周年供給の点からみるとジャガイモのほうが適している。ジャガイモでのツマアカオオテントウの大量増殖方法について示すと第 3 図のとおりである。まず, ジャガイモを 45×45×10 cm の木製の箱に入れ 25~28°C, 湿度 60~80% の暗黒条件の室で発芽させる。21~30 日経過して芽が 30~45 cm に発育したらコナカイガラを接種する。接種に際しては幼虫を産出しているジャガイモやカボチャの上にジャガイモの芽やサンショウ, ニセアカシアの新梢などを置いておくと, これに歩行幼虫が一面に付着するので, それらを前述した 30~45 cm に成長したジャガイモの発芽茎の上に置くと, 幼虫の寄生植物が乾燥するにつれてジャガイモの茎のほうへ移動し定着する。コナカイガラの幼虫を接種してから 8 日間経過したら, 増殖用のツマアカオオテントウの成虫を一定の性比の下で同じにして, 一つの箱当たり 30~40 頭室内に放飼し産卵させる。12 日間産卵させたら成虫の走光性を利用し, 放飼した増殖室の成虫採集用窓のシャッターを開きその窓に成虫を集め回収する。4~5 日間で, 放



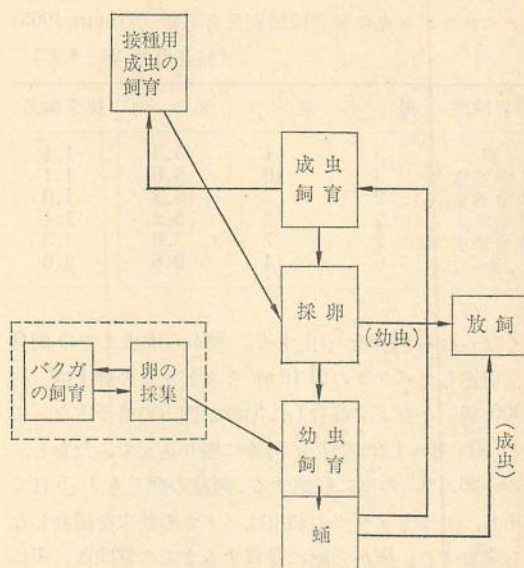
第3図 ツマアカオオテントウの大量生産過程 (FISHER, 1963 を改変)

飼した成虫の約 70% が回収される。成虫は 6 週間にわたって産卵するので、回収した成虫は放飼用として再利用する。成虫を回収後は、窓のシャッターは再び閉じて室内は暗黒にする。産卵された卵は 26.7°C では約 5 時間でふ化し、コナカイガラを捕食しながら发育し、卵から成虫までの期間は約 28 日である。したがって成虫を放飼してから 30 日目になったら、窓のシャッターを再び開けて、走光性を利用して羽化してくる成虫の回収を始める。回収用の窓は外側がガラス戸、内側が約 50 メッシュの網戸となっており、この網戸に集まった成虫を採集器で採集する。採集器はブリキ製の偏平な漏斗にテントウムシを収容する管びんを取り付けたものである。この漏斗を網面の下から上に向かってこするよう動かすと網面の上を歩き回っている成虫は、容易に漏斗の中に落下し、回収用管びんに回収される。

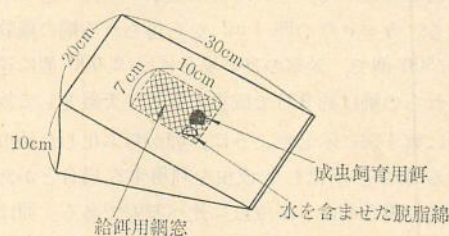
生産できる成虫数は一つのジャガイモ育苗箱から約 2,100 頭である。成虫の羽化が始まると 21 日間くらい成虫は発生してくるが、一つの飼育室の 1 日当たり回収数が 2,000 頭以下になったら回収を中止し、飼育室を掃除して次の飼育の準備をする。回収した成虫は 12~18 時間以内に放飼するが、それまでは約 15°C に保った室で保存する。飼育上の問題点として、①ジャガイモにジャガイモガが寄生するとイモが腐敗してしまうので芽出し処理までの保存期間中にジャガイモガの加害を受けないよう注意する、②飼育室内の温度が 21°C 以下になるとコナダニが大量に発生し、コナカイガラ幼虫やツマアカオオテントウの蛹の发育を妨げるので飼育室内の温度は常に適温に保つようにする、③ミカンコナカイガラ以外のコナカイガラが寄生することがあるので、幼虫を接種する際に目的とするコナカイガラ以外の混入に注意する、④コナカイガラを攻撃する天敵にはほかにカゲロウや寄生蜂などがあり、これらが飼育室内に侵入してコナカイガラを攻撃すると、ツマアカオオテントウの餌が十分でなくなり目的とする増殖量が確保できなくなるので、飼育室への出入りに注意し、他の天敵類の飼育室への侵入を未然に防止することが大切である。

III ヒメクサカゲロウ

クサカゲロウ類はアブラムシ、カイガラムシの歩行幼虫、ハダニ類、アザミウマ類などを捕食する多食性の捕食性天敵である。ヒメクサカゲロウ *Chrysopa carnea* STEPHENS の天敵としての第一の特徴もその多食性にあり、このことはこの天敵を放飼した場合、目的とする害虫を防除した後も、それに代わる餌によって本種が保存されることになり、放飼数が限定される温室やビニール



第4図 ヒメクサカゲロウの大量生産過程



第5図 採卵用紙袋の使用状態

ハウスなどでは、利用性の高い天敵と考えられる。アメリカのカリフォルニア州にある Rincon-Vitova Insectaries Inc. で行われている大量生産の方法について述べることにする。

ヒメクサカゲロウの大量生産過程について示すと、第4図のとおりである。まず、オオムギでバクガの成虫を飼育し、クサカゲロウ幼虫の餌となるバクガの卵を得る。一方、クサカゲロウの成虫を縦 30 cm、横 20 cm、底面が 10×20 cm の紙袋に入れ、イースト 1、砂糖 6、小麦粉 5 の割合で混合し、これに水を加えて適当な固さにしたものをして、第5図のように給餌する。餌とともに水を含んだ脱脂綿も置き、水も摂取できるようにして飼育しながら採卵する。一つの紙袋に入れる成虫数は 500 頭とし、成虫を紙袋に入れた後は卵を毎日採集する。卵は袋の内表面に産み付けられるので、成虫を次の採卵用の袋に移した後、紙袋を切り開きこすり落として採卵する。成虫の生存期間はこのような飼育方法で約 2 か月であり、その期間に産卵される卵数は約 2,000~3,000 である。成虫の死亡個体が多くなり、産卵数も少

ヒメクサカゲロウの发育段階別发育日数 (TOSCHI, 1965)
(飼育温度 $24 \pm 4^{\circ}\text{C}$)

发育段階	最 小	最 大	平 均	標準偏差
卵	3	7	5.3	1.4
1 令幼虫	3	10	5.8	1.1
2 令幼虫	2	7	3.5	1.0
3 令幼虫	2	8	5.2	1.4
4 令幼虫	2	7	3.8	1.3
蛹	6	14	9.6	2.0

なくなったら採卵を中止する。卵から成虫までの飼育は、前述したバクガの卵 10 ml とカゲロウの卵 1 ml (約 5,000 個) とをよく混合し、5 mm 四方の格子となっている $60 \times 40 \times 1$ cm の板に均等に振り込んでふたをし、 $23.9 \sim 26.7^{\circ}\text{C}$ の室に収納する。両種の卵とも 3～5 日でふ化し、クサカゲロウの幼虫はバクガの幼虫を捕食しながら发育する。卵から蛹に发育するまでの期間は、表に示したように約 23 日である。蛹になると格子の中に 1 頭ずつ繭を作るので、それらを水道水の圧力で流し出し採集する。カゲロウの卵 1 ml から得られる蛹の繭数は平均 1,500 個で、効率の良い場合には 2,000 個に達する。これらの蛹は約 9 日で成虫となる。天敵として放飼するのは第 4 図に示したように、卵からふ化した幼虫を利用する場合と羽化した成虫を利用する場合とがあるが、幼虫の場合のほうが成虫に比べ割安である。卵は 3～7 日でふ化した幼虫が発生してくるが、ふ化した幼虫は 24 時間以上餌のない状態におくと共食いなどによって死亡個体が多くなるので、卵がふ化した始めたら十分餌を与えるか、それができないときには直ちに場放飼するのが良い。

お わ り に

ここでは 3 種類の捕食性天敵について述べたが、このほかにもチリカブリダニ (*Phytoseiulus persimilis* CHANT) など、捕食性ダニ類の大量増殖法が開発され、生物農薬的に利用されている。我が国における捕食性天敵を含めた天敵の大量増殖は、県の農業関係試験場などの公共機関でなされており、アメリカやヨーロッパのように天敵の生産が企業化されていない。公共機関での大量増殖には、予算や人員などの制約があり、その生産量には限界があるので、我が国でも天敵の企業化が強く望まれる。天敵を企業的に商品化するためには、商品化しようとする天敵は合成農薬と比較して農家に利用されることになるので、より安価で防除効果の優れたものが必要となる。今後、そのための技術開発や新しい天敵の探索のための研究が必要と考えられる。

引 用 文 献

- FISHER, T. W. (1963): Mass culture of *Cryptolaemus* and *Leptomastix* natural enemies of citrus mealybug, California agricultural experiment station Bulletin 797, 38pp.
- SMITH, H. S. and H. M. ARMITAGE (1931): The biological control of mealybugs attacking citrus. Calif. Agr. Exp. Sta. Bul. 509: 74pp.
- 竹内秀治・西野 操 (1976): ベダリアテントウムシ幼虫の发育に及ぼす温度の影響, 静岡柑試研報 13: 47～50.
- TOSCHI, C. A. (1965): The taxonomy, life histories, and mating behavior of the green lacewings of strawberry canyon (*Neuroptera: Chrysopidae*), Hilgardia, Vol. 36, No. 11.

人 事 消 息

☆門司植物防疫所 新 職 名

河野 正直氏	本所国際課防疫管理官
花岡 清和氏	〃 〃 調査係長
大平 隆満氏	〃 〃
皆吉 隆秀氏	〃 国内課長
石川 勝典氏	〃 〃 防除係長
餅井田 輝氏	〃 調整指導官
吉岡 謙吾氏	名瀬支所長
前田 尚彦氏	国土庁小笠原総合事務所
今村 哲夫氏	沖縄総合事務局農林水産部農蚕園芸課植物防疫係長
小川 俊和氏	香川食糧事務所善通寺支所主任専門技術官

旧 職 名

門司植物防疫所国際課輸入第 3 係長
〃 福岡支所板付出張所
神戸植物防疫所広島支所
〃 国際第一課防疫管理官
沖縄総合事務局農林水産部農産園芸課植物防疫係長
名古屋植物防疫所国際課防疫管理官
門司植物防疫所国内課長
名古屋植物防疫所国内課
門司植物防疫所鹿児島支所溝辺出張所
神戸植物防疫所国際第一課輸入第 2 係長

天敵ウイルス生産のための昆虫の大量飼育

——コカクモンハマキ顆粒病ウイルスの生産を例として——

農林水産省果樹試験場 ^さ佐 ^{とう}藤 ^{たける}威

天敵ウイルスの利用技術の確立に関する試験研究を行うには、まず対象とする天敵ウイルスを必要量確保しなければならない。その量はウイルスの基礎研究から、応用研究、更には実用化試験に至るまでに飛躍的に増大する。

天敵ウイルスを生産するための一手段に、培養細胞を利用する方法があり、生産技術の画一化と自動化が可能であるため、近年著しく進展している分野であるが、大量増殖への応用は生産コストの壁で阻止されている。

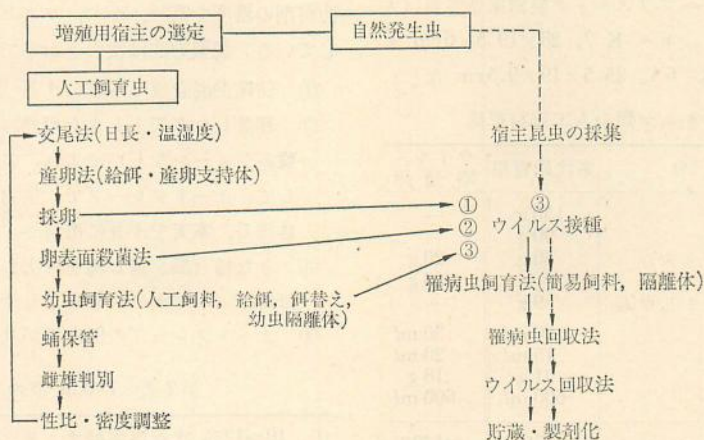
一方、宿主昆虫の生体を利用する場合、第1図に示したように増殖方法には個々の技術の組み立てが必要であり、それらは対象とする天敵ウイルスとその宿主の組み合わせで異なるため、生産技術の画一化は望み難く、省力化・自動化も難しい面がある。

増殖に利用される宿主昆虫としては、自然発生虫を用いる場合と人工飼育虫を用いる場合がある。前者を用いた例として、マツカレハ細胞質多角体病ウイルスの量産(片桐, 1973)が挙げられる。また後者の例としては、ハスモンヨトウ核多角体病ウイルス(岡田, 1977)、あるいはコカクモンハマキ顆粒病ウイルス(YAMADA and Oho, 1973)などの生産がある。

I 天敵ウイルスの増殖に適する宿主昆虫

天敵ウイルスの利用特性の一つに、宿主範囲が狭いことが挙げられるが、そのウイルスを増殖しようとする場合に、この性質は障害となる。すなわち昆虫の種類によりその飼育に難易があることを経験するが、ウイルスの宿主範囲の壁は飼育容易な虫を代替宿主として利用することを妨げる。したがって、宿主範囲の虫の中で最も飼育管理しやすいものを用いたが、ウイルスを代替宿主で継代すると病原性の変化がみられる場合もあり、この点も加味して宿主を選択しなければならない。

ウイルスの病原性の強弱は量産の難易に関係する。例えば、チャノコカクモンハマキのふ化幼虫に高濃度のコカクモンハマキ顆粒病ウイルスを接種した場合、罹病虫は老熟幼虫まで发育する。しかしながらコカクモンハマキ核多角体病ウイルス(オランダ株)の場合は、ふ化幼虫に高濃度のウイルスを接種すると罹病虫は若令の内に死亡し、個体当たりのウイルス収量は少ない。逆に接種濃度を下げると、罹病率が低下し総生産量が低くなる(佐藤, 未発表)。このように、病原性の強いウイルスは散布世代における被害軽減効果が高い反面、そのウイルスを生産するうえで不利な面を持つ。



第1図 宿主昆虫の利用による天敵ウイルスの生産体系の模式図

① 卵表面殺菌兼卵面汚染接種法, ② 卵面汚染接種法, ③ 幼虫経口接種法または幼虫経皮接種法

これまで述べたように、天敵ウイルスの種類により、その増殖方法は異なるので、誌面の都合上、ここでは主にコカクモンハマキ顆粒病ウイルスの量産方法について述べる。

II コカクモンハマキ顆粒病ウイルスの量産

コカクモンハマキ顆粒病ウイルスはリンゴコカクモンハマキから分離されたが、この宿主の外にチャノコカクモンハマキに病原性を示すことが知られている (Ohoら, 1974)。本ウイルスの増殖にあたって、チャノコカクモンハマキを用いることは代替宿主の利用と言えるが、これを宿主とした場合でも、増殖されたウイルスの病原性の低下はみられない。そのうちチャノコカクモンハマキのほうが種々の点で本ウイルスの増殖に適する (佐藤, 未発表)。

1 宿主昆虫としてのチャノコカクモンハマキの累代飼育

コカクモンハマキの人工飼料の調製方法及び飼育方法については、山谷・玉木 (1972) の詳細な紹介があるのでそれも参考にしたい。

(1) 飼育用器材の準備と滅菌処理

大量飼育を連続的に行っていく場合、ややもすると飼育室内の雑菌汚染度が高まっていく傾向がみられるので、室を清潔に保つことはもちろんのこと、飼育に用いるすべての器材に対して常に滅菌処理を心掛けるべきである。

- ① 人工飼料用基材——第1表に示した基材をあらかじめ飼料の調製前に準備しておく。調製方法については後述する。
- ② 幼虫飼育容器——プラスチック製密閉型容器 (大日本インキ製ディッキー K 7, 28×19.5×6cm もしくはサノヤ製 K-6A, 25.5×19×9.5cm など)

第1表 ハマキムシ類の人工飼料組成

成 分	累代飼育用	ウイルス増殖用
きな粉	150 g	—
チャ粉末	90 g	—
乾燥酵母粉末 (エビオス)	30 g	20 g
ウサギ飼料粉末	—	230 g
l-アスコルビン酸ナトリウム	9 g	—
防腐剤混合液*	30 ml	30 ml
4 N塩酸	15 ml	20 ml
寒天末	21 g	18 g
水	600 ml	600 ml
全成分原価	約270円	約130円

* 防腐剤混合液の処方：プロピオン酸ナトリウム 60 g, デヒドロ酢酸ナトリウム 15 g, ソルビン酸カリウム 30 g, 脱イオン水 500 ml。

をふたの中央に径 1.5~2cm の穴を開けて用いる。

- ③ 産卵容器——プラスチック製書箱 (30×23×8cm) を用いる。これらの容器は 40 l 角型コンテナ (53×34×28cm) に洗浄液 (約 0.1% 次亜塩素酸ナトリウム溶液：水 40 l に市販の 10% 次亜塩素酸ナトリウム液を 0.4~0.5 l 加える) を満たし、その中に 1 日以上浸漬した後、温湯で洗い、十分乾燥させて用いる。(注意：次亜塩素酸ナトリウムの取り扱いと、洗浄処理にあたってはゴム手袋を着用し、皮膚、特に眼、衣類に付けないよう慎重に行う)
- ④ 産卵用パラフィン紙——約 38×26cm のパラフィン紙を産卵支持体として用いる。
- ⑤ 幼虫飼育用パラフィン紙——半切りした葉包紙をくしゃくしゃにもみ、幼虫の相互隔離支持体として用いる。

これらのパラフィン紙は深底シャーレ (径 15cm × 25cm) などの耐熱容器に入れ、100°C, 1 時間の乾熱処理をして用いる。

- ⑥ 脱脂綿——産卵容器の加湿、幼虫飼育容器のふたの綿栓に用いる。耐熱容器に入れ、乾熱滅菌して用いる。
- ⑦ ろ紙——切り出した卵の乾燥防止と、卵塊の殺菌処理後の水滴除去に用いる。乾熱滅菌して用いる。
- ⑧ 卵塊殺菌処理液——70% エタノール, Dakin 液, 滅菌水を準備する。Dakin 液の処方 は第2表のとおりである。

(2) 人工飼料の調製

人工飼料の組成は第1表に示す。飼育中の雑菌の繁殖を防止する必要性から TAMAKI (1966) の処方より、各防腐剤の濃度を高め、かつ、ソルビン酸カリウムを添加している。調製方法は次のとおりである。

- ① 防腐剤混合液ならびに 4 N 塩酸を調製する。
- ② 秤量した寒天末と水を耐熱容器 (厚手の径 15cm 腰高シャーレなど) に入れ、アルミホイルでふたをして、オートクレーブで、圧力 1 kg, 15 分間加熱処理し、寒天を十分に溶解さす。
- ③ きな粉 (篩を通し塊を除去), チャ粉末, 乾燥酵母粉末 (エビオス) を秤量し十分混合しておく。
- ④ オートクレーブの缶内圧が 0 に下がったら溶解寒

第2表 Dakin 液の処方*

① 10~12% 次亜塩素酸ナトリウム溶液	43~36 ml
② 6 N塩酸	4 ml
③ 炭酸水素ナトリウム	8 g
①~③を2 l の蒸留水に加え全量を4 l とする	

* 次亜塩素酸ナトリウム約 0.4%, pH 8.8 である。

天液を取り出し、まず防腐剤混合液を加え、次にきな粉などの混合物を加えてかく拌する（かく拌にはスプーンを平らに打ち延ばしたものや、しゃもじなどが便利）。最後に4 N 塩酸を加え十分にかく拌する（大量に調製する場合は三英製作所 5 DM 型や小平製作所扱いケンミックスなどの混合かく拌器を用いる）。

⑤ アルミホイルでふたをして、冷蔵庫で保存する。

注意：調製した飼料中に、きな粉などの塊があるとカビが発生しやすい。また柔らかか過ぎると飼料のフレック化に不都合であるとともに、必要以上の餌を給与する結果となり、容器内が過湿となって雑菌が繁殖しやすくなる。

(3) 採卵方法

産卵容器当たり、雌蛹 25 と雄蛹 30 とを9 cm シャーレに入れて、容器の一隅に置き、容器中央には加湿のため水で湿した脱脂綿を敷く。容器の上部には産卵用パラフィン紙を覆せ、上ぶたをして固定する。25~26°C、16 L 条件下で8日間保ち産卵させる。産下卵塊ははさみなどを用いて切り出す。切り取った卵塊は湿ったろ紙の上に並べ湿室条件下に保つ。

(4) 人工飼料の給餌方法と卵の接種

清潔な飼育容器の底にフレック状にした人工飼料を約90 g ずつ平らにばらまく（フレック化には食事用フォークが便利）。この上を幼虫飼育用パラフィン紙片で全面覆う。ふたの中央の穴には脱脂綿で栓をする。

卵接種は、黒化した卵塊を70% エタノールに約1分浸した後、Dakin 液に3~4分浸漬する。滅菌水で2度洗い、水分を除去した後、パラフィン紙あるいはアルミホイル片のポートに並べ、容器のはば中央部に綿栓に触れないように置く。容器当たり接種卵粒数は350~500で、卵塊数にして5~7である。

これらの操作は清潔な場所で行う。できたらクリーンベンチもしくは無菌箱を用いたい。

接種後3~4日に、卵塊残渣をポートとも除去する。25~26°C、16 L 条件下に置き19日目に蛹を取り出す。蛹は雌雄を判別し、循環交雑を行い産卵容器に入れる。

(5) 飼育スケジュールの調整方法と系統維持

系統を維持していくには、飼育を続ける以外にないが、飼育を一時的に中断する場合、卵から3令幼虫期までを20°C 12 L の低温短日条件下で飼育した幼虫を冷蔵庫で保管することにより、3~4か月の系統維持が可能である。

飼育スケジュールの調整は、低温条件下における発育の遅延により行う。チャノコカクモンハマキの場合、

卵・幼虫・蛹の各発育ステージとも低温条件下(約5°C)で1~2週間の発育抑制が可能であり、これによりスケジュール調整を行える。

2 チャノコカクモンハマキによるコカクモンハマキ顆粒病ウイルスの大量増殖

宿主昆虫に天敵ウイルスを致死量接種することによって得られる罹病虫を回収することで、そのウイルスの増殖は行えるが、コカクモンハマキ顆粒病ウイルスの場合には、次の方法が用いられている。

(1) ウイルスの接種方法

切り出した卵塊を眼点期に前述の方法で表面殺菌した後、所定濃度のウイルス懸濁液に0.5~1分間浸漬し、風乾もしくはろ紙で水滴を除去して、ポートに乗せて餌を入れた飼育容器に入れる。卵塊の残渣は5日後ぐらいにポートとともに除去する。容器内には累代飼育虫の場合と異なり幼虫飼育用パラフィン紙を入れる必要はない。

接種の簡便法として、ウイルス源に殺菌剤を混ぜておくと、表面殺菌とウイルス接種が同時に行える。この場合、ウイルス濃度は1罹病虫当量/10 ml とし、混合する殺菌剤としてはチオファネートメチル剤(トップジンM)の500~1,000倍液にベニシリンGとストレプトマイシンを少量混合したものが良いようである。

(2) ウイルス増殖用飼料

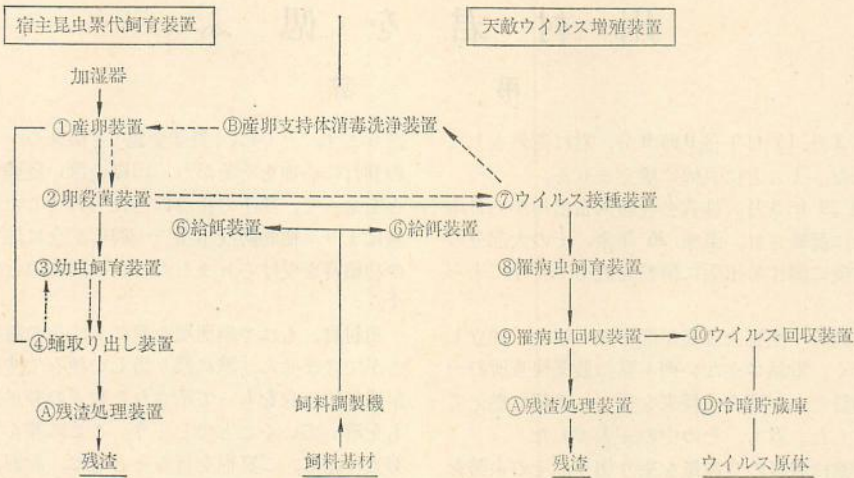
ウイルス接種虫は累代する必要がないので、幼虫の飼料はできるだけ低廉で調製が簡単なものが望ましい。前述の累代飼育用飼料の代わりに、ウサギ飼料を主成分とする飼料(第1表)を用いても罹病虫は十分に発育する。

(3) ウイルスの回収方法

接種後3週間ほどで、罹病虫を回収する。現在、ピンセットではさんで1個体ごとに回収しているが、1容器当たり200~250個体を回収するのに15~20分を要する。

(4) 増殖容器とその処理

増殖容器としては、前述の累代飼育容器と同等のものをを用いているが、ウイルス増殖用に使用したものは、累代飼育に用いない。罹病虫回収後使用した容器は、残渣をゴムベラを用いて捨て、そのまま約0.15%次亜塩素酸ナトリウム溶液に浸し、3日間以上無毒化処理をする。その際、容器全体が液に触れるようにすることが、以後のウイルスのコンタミネーションを防ぐうえで肝要である。



第3図 チャノコカクモンハマキを宿主としたコカクモンハマキ顆粒病ウイルスの自動生産システムモデル

図の右側がウイルス増殖装置であり、機械化しやすいと考えられる部分である。⑦は①—②—⑦と循環する産卵習性を利用したコンベアー装置で機械化が可能。ふ化の早いものが累代飼育に回り、遅いものは、ウイルス懸濁液に漬けられて罹病虫となる。

⑨—⑩は乳化工機と遠心分離機の組み合わせで自動化が可能。

図の左側は宿主の累代飼育装置で、機械化がやや難しいと考えられる部分である。②は装置全体が半無菌条件に保たれるならば省ける。③—④は幼虫の行動習性と蛹化習性を利用したコンベアー装置。①では耐近親交雑系統を用いることで、雌雄判別を省く。

クモンハマキ宿主の系などは、その範ちゅうに入ると考える。現在の実験室規模での生産コストは光熱水料を除いても罹病虫1個体当たり約4円に達し、その3/4は人件費で、残りの1/4が餌代その他である。実用化にはいかに自動化が必要かがこれから分かると思う。第3図は、この系による自動生産のシステムモデルであるが、⑨の罹病虫回収装置としては BAUGHER (1974) や岡田 (1977) が用いた吸引方式の適用が可能であろうし、その後の⑩のウイルス回収装置としては、BREILLATT ら (1972) の開発した連続式遠心法などが用いられるかもしれない。しかしながら、このようなスケールアップを行うには、それなりの予算的裏付けが必要であるが現状では厳しい。

おわりに

天敵ウイルスの大量増殖を行うには、人工飼料の確立と採卵方法・幼虫飼育方法などの累代飼育技術の確立が先決であり、そのうえでウイルスの簡易接種法や廉価飼料・ウイルス回収法の確立がなされる。しかしながら、これらの陰になって目立たない存在であるが、人工飼育に耐える優良系統の選抜と維持も重要である。ウイルス生産に用いる系統は、人工飼料に馴化されたもので、かつ、安定した再生産力を持ち、発育が均一な集団である

ことが望ましい。コカクモンハマキのウイルス増殖では、人工飼料育循環交雑を行って100世代以上を経過させたものを用いており、ハスモンヨトウ核多角体病ウイルスの量産では、岡田 (1977) は、人工飼料育・近親交雑で50世代を経過させたものを用いた。残念ながら、岡田 (1977) が選抜した系統は、今日その存在が定かでない聞く。このように、準家畜化した系統の維持も今後の発展における大切な課題であろう。

引用文献

- BAUGHER, D. G. (1974): J. Econ. Ent. 67: 793~794.
 BREILLATT, J. P. et al. (1972): Appl. Microbiol. 23: 923~930.
 IGNOFFO, C. M. (1973): Exp. Parasitol. 33: 380~406.
 片桐一正 (1973): 醸工 51: 370~374.
 OHO, N. et al. (1974): Mushi 48: 15~20.
 岡田資夫 (1977): 中国農試報 E 12: 1~66.
 佐藤 威ら (1977): 応動昆 21: 174~176.
 SATO, T. et al. (1980): Appl. Ent. Zool. 15: 409~415.
 TAMAKI, Y. (1966): ibid. 1: 120~124.
 YAMADA, H. and N. OHO (1973): J. Invertebr. Pathol. 21: 144~148.
 山谷絹子・玉木佳男 (1972): 植物防疫 26: 165~168.

川村君を偲ぶ

弔 辞

昭和 56 年 3 月 15 日午後 0 時 9 分、君は忽然として逝去されました。まことに哀悼に堪えません。

君は、昭和 29 年 5 月、株式会社駿河台書房から日本植物防疫協会に就職され、爾来 26 年余、その大部分の期間を植物防疫に関する出版に情熱を燃やし続けて来られました。

入社された当時、当協会は発足間もない頃で、独立した事務所もなく、電話さえない西ヶ原の農業検査所の一室で、若い職員たちが協会の将来を誓い、希望に燃えて働いていました。君も、その中の一人でした。

植物防疫事業は戦後の食糧難を乗り越え、その余勢をかって発展の一途をたどっておりまして。病害虫防除技術の革新と普及が叫ばれている中で、君は日夜、雑誌「植物防疫」の編集・校正、植物防疫叢書の発行などにたずさわっておられました。その姿は今でもありありと目に浮かびます。そのような努力の積み重ねによって協会出版事業の基礎を築かれた功績はまことに大なるものが

あります。とくに、「農業要覧」、「農業ハンドブック」等の刊行に心血をそそがれ、印刷の深い経験と出版の知識とをもって、部下の指導に当たられました。これらの業績により、植物防疫事業三十周年記念に際し、記念会長の功績賞を受けられましたことは周知のとおりであります。

川村君、もはや幽明境を異にし、その温顔に接することができません。誠に残り惜しい極みです。しかし、君が情熱的に身をもって示された数々の教示は末永く私どもを導いていくことでしょう。ここに謹んで君生前のご努力に謝し、ご冥福を祈るとともに、お別れの言葉とします。

川村君 さようなら。

昭和 56 年 3 月 17 日

社団法人 日本植物防疫協会

理事長 明日山 秀文

無 無 明 亦 無 無 明 尽

川村 茂君の骨を拾い、早春の府中街道を主のいない家に急いだ。ところどころに早咲きの梅がほころび、その淡い花の色が、ひとしお私の心を暗くしていた。

私が川村君に会ったのは昭和 27 年で、場所は駿河台書房の編集室であった。駿河台書房というのは国鉄関係の雑誌を発行していた交通経済社の別会社で、文芸関係の出版をはじめなので私が呼ばれたのであった。

川村君はその頃から出版に熱意を燃やし、営業のかたわら編集も手伝ってくれていた。このような関係で、私が協会の編集を担当することになった時も、ひそかに川村君の協力を期待していた。

昭和 29 年春、協会がいよいよ「植物防疫年鑑」を発行することになり、当時 60 万円の広告をとらなければならなくなった。私はためらわず当時農業検査所長だった上遠博士にお願いし川村君に来てもらうことになった。

川村君が西ヶ原の農業検査所の中にあった協会に来て、最初に言った言葉は「静かですなあ!」ということだった。生き馬の眼を抜く出版界から見れば、協会は全く静かだった。然しその静かさの中に、協会の背負って立とうとする気力を私は川村君の中に見ていた。

やがて私が総務に変わり、そのあとを川村君が担当することになった。川村君の出版に対する業績は、弔辞にもあるとおり私が言うまでもなく見事なものであった。

初七日をかねた精進おとしの席で、みんなは君に酒を供えた。君は酔うとよく歌を歌った。その歌もうきくことが出来なくなった。新しい君の位牌の前で、「妙法蓮華経方便品第二」と「佛説摩訶般若波羅密多心経」とを私は誦えたが、そらんじているはずの経文がふとときれ、私は君の写真を見ていた。

(齋藤 志)

植物防疫

第 35 巻 昭和 56 年 5 月 25 日印刷
第 5 号 昭和 56 年 5 月 30 日発行

定価 450 円 送料 45 円 1 か年 5,000 円
(送料共概算)

昭和 56 年

5 月号

(毎月 1 回 30 日発行)

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 遠藤 武雄

印刷所 株式会社 双文社印刷所
東京都板橋区熊野町 13-11

— 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) 944-1561~6 番

振替 東京 1-177867 番

— 禁 転 載 —

殺菌剤

トップジンM

水和剤・粉剤・ペースト・ゾル

日曹ロニラン 水和剤

ホーマイ 水和剤

アタッキン 水和剤

ラビライト 水和剤

殺虫剤

ホスピット75 乳剤

ガードサイド 水和剤

殺ダニ剤

シトラゾン 乳剤

ダニマイト 水和剤
乳剤

日曹トルピラン 乳剤

植物成長調整剤

ビーナイン 水溶剤

除草剤

クサガード

展着剤

ラビデンSS

増収を約束する

日曹の農薬

くん煙剤

ジェットVP

トリアジン ジェット

ダン スモレート



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1 〒100
支店 大阪市東区北浜2-9-0 〒541
営業所 札幌・仙台・信越・高岡・名古屋・福岡

本会発行新刊図書

農 林 害 虫 名 鑑

日本応用動物昆虫学会 監修

3,000 円 送料 300 円

A5判 本文 307 ページ ビニール表紙

日本応用動物昆虫学会の企画により、45名の専門家が分担精検して、農林関係の重要害虫2,215種を収録した名鑑である。既刊の「農林病虫害名鑑（昭和40年）」を改訂し、編集に新しい工夫がこらされている。第1部では系統分類的に重要害虫（学名・和名・英名）がリストされ、第2部では農作物・果樹・花卉・林木・養蚕・貯蔵食品・繊維など225に分けそれぞれの害虫が示され、第3部は完璧な索引である。簡明、便利、かつ信頼して使える害虫名鑑であり、植物防疫の関係者にとって必携の書籍である。

内 容 目 次

第1部 害虫分類表

線形動物門（幻器綱、尾線綱）、軟体動物門（腹足綱）、節足動物門（甲殻綱、クモ綱、昆虫綱）

第2部 作物別害虫名

I 食用作物・野菜、II 果樹、III 特用作物、IV 牧草・飼料作物、V 観賞用植物、VI 林木、VII 乾材
VIII 養蚕、IX 養蜂、X 貯穀・貯蔵食品、XI 繊維・毛皮・皮革・生薬・動植物標本、XII 書籍

第3部 索引（学名索引・英名索引・和名索引）

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ

雑誌「植物防疫」バックナンバーのお知らせ

月の後は特集号の題名、価額は各1部（送料とも）の値段

購読者各位よりたびたびバックナンバーのお問い合わせがありますので、現在在庫しております巻号をお知らせいたします。欠号をこの機会にお取り揃え下さい。

13 巻 (34 年)		5 月	195円	32 巻 (53 年)	
4 月	105円	5 月：カンキツの病害虫		1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	345円
14 巻 (35 年)		25 巻 (46 年)		3, 5, 8, 10 月	445円
6, 7, 9, 10, 12 月	105円	1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 12 月	225円	3 月：農薬の安全性	
15 巻 (36 年)		11 月	245円	5 月：作物の細菌病抵抗性	
11, 12 月	125円	11 月：沖縄の病害虫		8 月：害虫の要防除密度	
11 月：植物検疫		26 巻 (47 年)		10 月：マイコトキシン	
16 巻 (37 年)		2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	225円	33 巻 (54 年)	
1~12 月	125円	10 月	295円	1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	445円
1 月：新農薬		10 月：糸状菌の感染機作		3, 5, 8, 10 月	495円
3 月：ヘリコプタによる農薬の 空中散布		27 巻 (48 年)		3 月：畑作物の病害虫	
6 月：果樹のウイルス病		2, 4, 5, 7, 9, 11, 12 月	225円	5 月：ウンカ・ヨコバイ類	
10 月：農薬の作用機作		8, 10 月	245円	8 月：農薬の作用機構	
17 巻 (38 年)		8 月：スプリンクラによる防除		10 月：糸状菌の胞子形成	
1~5 月	125円	10 月：農薬残留		34 巻 (55 年)	
7, 12 月	145円	28 巻 (49 年)		1, 2, 4, 6, 7, 9, 11, 12 月	445円
1 月：病害虫研究の展望		3, 5, 8, 10 月	365円	3, 5, 10 月	495円
3 月：農薬空中散布の新技術		3 月：ダニ類		3 月：ウイルス病の抗血清診断	
4 月：土壌施肥		5 月：微生物源農薬		5 月：昆虫の行動制御物質	
7 月：省力栽培と病害虫防除		8 月：生体外培養		10 月：天敵ウイルス	
18 巻 (39 年)		10 月：作物の耐病虫性		35 巻 (56 年)	
11, 12 月	145円	29 巻 (50 年)		1~12 月（年間）	5,000円
19 巻 (40 年)		3, 5, 8, 10 月	365円		
1~6, 8~12 月	145円	6 月	305円		
3 月：農薬の混用		3 月：昆虫の休眠			
5 月：農薬の安全使用		5 月：薬剤耐性菌			
10 月：果樹共同防除の実態と 防除施設		8 月：緑化樹木の病害			
20 巻 (41 年)		10 月：種子伝染性病害			
7 月	145円	30 巻 (51 年)			
21 巻 (42 年)		3 月	365円		
1~5, 7, 9, 11, 12 月	175円	5, 8 月	445円		
4 月：いもち病		3 月：線虫			
22 巻 (43 年)		5 月：土壌伝染性ウイルス			
1~4, 7, 9, 12 月	175円	8 月：農薬の環境動態			
3 月：イネ白葉枯病		31 巻 (52 年)			
23 巻 (44 年)		3, 5, 8, 10 月	445円		
3 月	195円	4, 6, 7, 9, 11, 12 月	345円		
3 月：リンゴ病害虫防除		3 月：農薬の施用技術			
24 巻 (45 年)		5 月：露地野菜の病害虫			
1, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 12 月	175円	8 月：昆虫のホルモン			
		10 月：果樹のウイルス病			

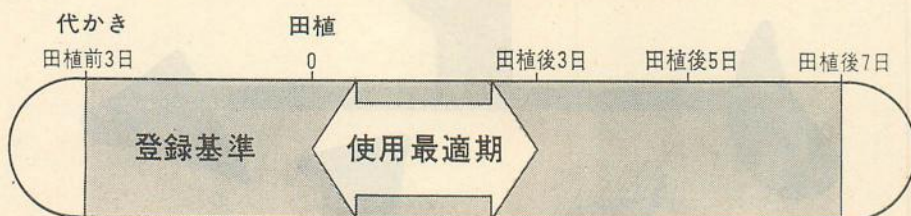
在庫僅少のものもありますので、御希望の方はお早目に振替・小為替・現金など（切手でも結構です）で直接本会へお申込み下さい。

56 年 1 月 20 日よりの郵便料金改訂に伴い、本誌の郵便料金が 1 部 45 円になりました。雑誌には旧郵便料金が印刷されておりますが、お含みおき下さい。なお、2 部は 55 円、3 部では 65 円です。

上手に使って大きな効果を。

すぐれた効果をフルに発揮させるために、
サンバード粒剤は正しく上手に使いましょう。

使用適期幅



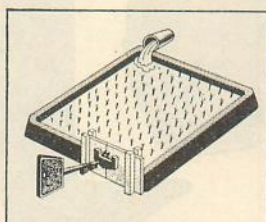
使用量: 3~4kg/10a均一散布

1 田植がすんだら すぐまく



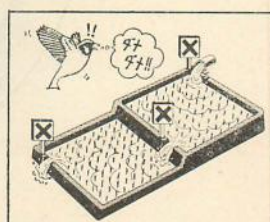
田植直後(灌水直後)~田植
後3日まで、できるだけ早め
に散布してください。

2 水をしっかり 保つ



散布後5日間は灌水(3~5cm)
を保ち、水の補給は水尻を
止めてゆっくり差し水をして
ください。

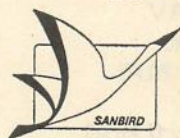
3 かけ流しを しない



途中で水を切らしたり、田
面を露出させたりしないで
ください。

ウリカワなど

稲に安全、多年生雑草にも効く水田用初期除草剤



サンバード® 粒剤

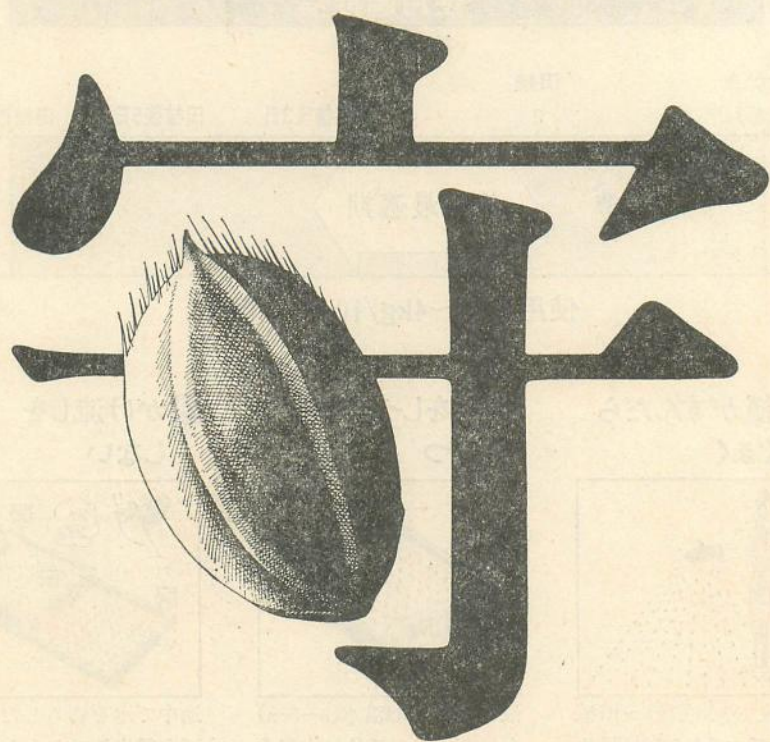


三共株式会社

農薬営業部 東京都中央区銀座2-7-12
支店 東京・仙台・名古屋・大阪・広島・高松

資料請求券
植物防疫
56-5・6

穂もち対策は、 予防第一主義。



より確実に防がなければならない今年…効きめの長いフジワンで。

- 散布適期幅が広く散布にゆとりがもてる
- 効果が長期間(約6週間)持続する
- 粉剤2～3回分に相当する効果がある
- 稲や他作物に薬害を起こす心配がない
- 人畜、魚介類に安全性が高い

《本田穂いもち防除》

使用薬量：10アール当り4kg

使用時期：出穂10～30日前(20日前を中心に)

フジワン[®]粒剤

®は日本農薬の登録商標です

あなたの稲を守る《フジワン》グループ

フジワン粉剤・乳剤・AV

フジワンブラエス粉剤

フジワンダイアジノン粒剤

フジワンミプ粒剤

フジワンエルサンバッサ粉剤

フジワンスミチオン粉剤・乳剤

フジワンツマサイド粉剤



フジワンのシンボルマークです



日本農薬株式会社

〒103 東京都中央区日本橋1-2-5 栄太楼ビル

資料請求券
フジワン
植物防除

作物—その形態と機能—

上 巻

A 5 判 上製箱入 定価 3,200円 円 300円

—主 内 容—

第1編 作物の種子／第1章 作物の受精と胚発生（星川清親） 第2章 種子の発芽（高橋成人） 第3章 種子の休眠（太田保夫）

第2編 作物の花成／第1章 作物の播性と品種生態（川口数美） 第2章 春化現象（中條博良） 第3章 作物における花成現象（菅 洋） 第4章 野菜の抽薹現象（鈴木芳夫）

第3編 作物の栄養体とその形成／第1章 作物の葉（長南信雄） 第2章 作物の茎（長南信雄） 第3章 作物の根（田中典幸） 第4章 作物におけるエーjing（折谷隆志）

第4編 作物の生産過程—その1—／第1章 光合成と物質生産（梶 和一） 第2章 C_3 、 C_4 植物と光呼吸（秋田重誠） 第3章 光合成産物の転流（山本友英） 第4章 光合成産物の供与と受容（北條良夫） 第5章 草姿、草型と光合成産物の配分（小野信一）

下 巻

A 5 判 上製箱入 定価 2,700円 円 300円

—主 内 容—

第5編 作物の生産過程—その2—／第1章 サツマイモ塊茎の肥大（国分楨二） 第2章 牧草の物質生産（梶 和一） 第3章 葉菜類の結球現象（加藤 徹） 第4章 果樹の接木不親和性（仁藤伸昌）

第6編 作物の登熟／第1章 マメ類の登熟（昆野昭長） 第2章 穀粒の登熟（星川清親） 第3章 穀粒の品質（平 宏和） 第4章 登熟と多収性（松崎昭夫）

第7編 作物の生育と障害／第1章 作物の倒伏と強稈性（北條良夫） 第2章 作物の倒伏と根（宮坂 昭） 第3章 イネの冷害（佐竹徹夫） 第4章 作物の大気汚染障害（白鳥孝治）

《お申込みは最寄りの書店、または直接本会へ》

東 京 都 北 区 西 ヶ 原 農 業 技 術 協 会 振替 東京 8-176531 番
1 丁 目 26 番 3 号 〒114 TEL (910) 3787

連作障害を抑え、健康な土壌をつくる！
花(カーネーション・菊)の土壌消毒剤

パスアミド[®]

微粒剤

- 刺激臭がなく、民家の近くでも安全に使えます。
- 広範囲の土壌病害、線虫に効果が高く、また雑草にも有効です。
- 作物の初期生育が旺盛になります。
- 粒剤なので簡単に散布できます。



兼商株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

トーラック[®] 乳剤

- コナガ・アオムシ・ハダニ・カイガラ……用途の広がる殺虫・殺ダニ剤

ブデン[®] 乳剤

- ボルドー液に混用できるダニ剤

マリックス[®]

- 安全性が確認された使い易い殺虫剤

キノゾドー[®] 水和剤80 水和剤40

- ボルドーの幅広い効果に安全性がプラスされた有機銅殺菌剤

着剤はグラミンS・泡のたたないグラミンS・展着剤はグラミンS・泡のたたない

ンS・泡のたたないグラミンS・展着剤はグラミンS・泡のたたないク

粉剂

新発売

ラウンドアップ®



グラミンS・展着剤はグラミンS・泡のたたないグラミンS・展着剤はグラミンS・泡のたたないグラミンS・展

昭和五十六年 五月二十五日 印刷 第三種郵便物認可	昭和五十六年 五月三十日 發行 （每月一回） 第三十五卷第五号	昭和五十六年 五月九日 發行 第三種郵便物認可	昭和二十四年 九月九日 發行 第三種郵便物認可
------------------------------------	---	----------------------------------	----------------------------------

定価 四五〇円 (送料 四五円)

オリゼ"メート粒剤

アグレプト 水和剤・液剤

フェナジン 水和剤・粉剤

明治ベリジン

