

植物防疫

昭和四十四年八月二十五日
昭和二十四年九月三日
第三行刷
第二十三卷第八号
（每月一回三十日発行）
種郵便物認可



特集

昆虫の人工飼育と栄養

1969

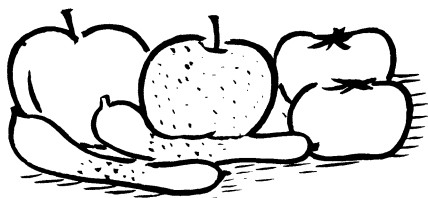
8

VOL 23

果樹・果菜に

有機硫黄水和剤

モノックス



説明書進呈



- ◆ トマトの輪紋病・疫病
- ◆ キュウリのべと病
- ◆ リンゴの黒点病・斑点落葉病
- ◆ ナシの黒星病・黒斑病
- ◆ カンキツのそうか病
- ◆ スイカの炭そ病
- ◆ モモの灰星病・黒星病・縮葉病

大内新興化学工業株式会社
東京都中央区日本橋小舟町1の3の7

共立背負動力防除機

共立スワースダスタ — DM-9に5m噴管を取り付けるだけ!

1人で広範囲をむらなく確実に散布できます。

DM-9は、この他にも一般の散粉、散粒、ミストから、40mパイプダスタ、稲刈り、麦刈り、火焰放射、中耕除草、灌水ポンプ等らくらくと各種の作業をこなします。

DM-9

使う人の身になって設計された信頼できる防除機です。



共立農機株式会社

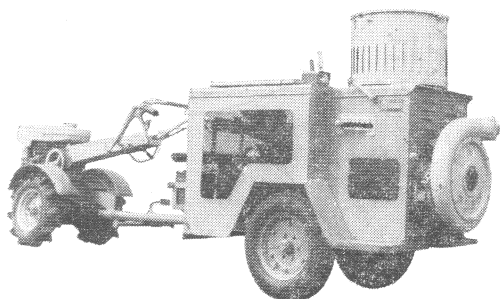
営業本部/東京都新宿区角筈2-73(星和ビル)
TEL / 03-343-3231(大代表)

世界に **アリミツ** 高性能防除機 伸びる

クランドタスター 散粉機の王様!

PD-100B型 牽引タイプです……ティラー等3～4 P.S程度で牽引でき、農道より散布するタイプです。
エンジン付きです……強力なカワサキエンジンKF-150型を使用、17 P.Sの強馬力です。

PD-100A型 マウントタイプです……15～20 P.SトラクターのP.T.Oを利用した軽量タイプです。



- **機構・操作が簡単です**……伝導部を一つのボックスにまとめたギヤ伝導です。また調節部も一ヶ所にあり操作が簡単です。
- **高性能・高能率です**……独自開発による送風機の自動首振装置により、ナイヤガラ粉管で100 m巾均等散布ができます。(10 a 散布約15秒～20秒)
- **連続作業ができます**……補助農薬柵があり連続補給で能率的です。
- **耐久力絶大です**……伝導部はオイルボックス内でギヤ伝導で行い、半永久的です。



有光農機株式会社

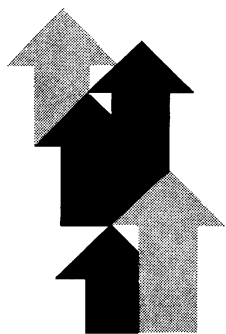
本社 大阪市東成区深江中1 電話代 (971)2531

稲の病気や害虫によくきく薬を……
という方だけのために



クミアイ化学工業株式会社

(クミアイ化学工業はイハラ農薬と東亜農薬の合併新会社です)



● **いもち病** **キタジンP** 製剤 ● **もんがれ病** **ネオアジン** 製剤
フラエス 製剤 ● **ポリオキシNP** 製剤

● **ウンカ・ヨコバイ類**
バツサ 製剤
ホップサイド 製剤

本社 東京都千代田区大手町2-8(日本ビル) ☎100

お問合せは 本社技術普及室へ

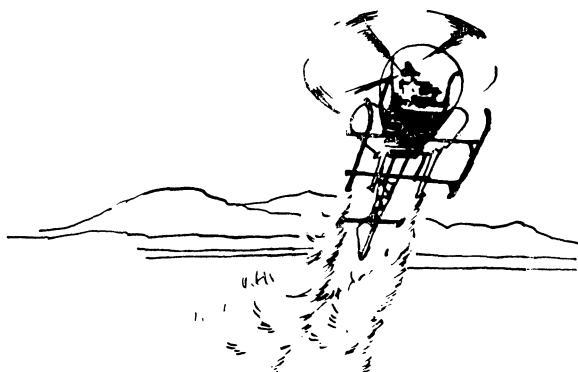
種子から収穫まで護るホクコー農薬



いもちバッサリ!
お米ドッサリ!!

●いもち病防除には安心して使える

ホクコー® カスミン



●ウンカ・ヨコバイ防除に——

ホクコー **マクバール**

●土にまくだけでOK!

アブラムシの発生を長期間抑える

PSP®204粒剤

説明書進呈



北興化学工業株式会社

東京都中央区日本橋本石町4-2
支店：札幌・東京・新潟・名古屋・大阪・福岡

新発売

シャープなききめ!

サンケイ ゴーネン® 乳剤 粉剤

- 新しい有機燐系のいもち薬です。
- すぐれた治療効果と予防効果があります。
- 毒性が比較的強く安全です。

■いもち・白葉枯の同時防除剤

サンケイキタジnPフェナジン 粉 剤



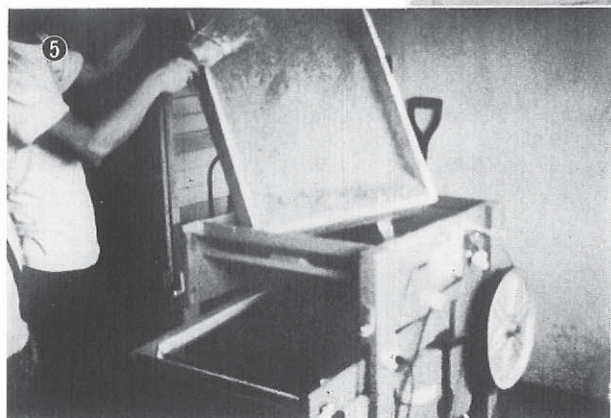
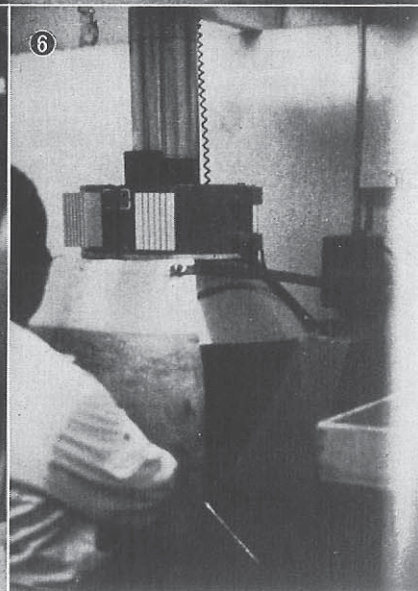
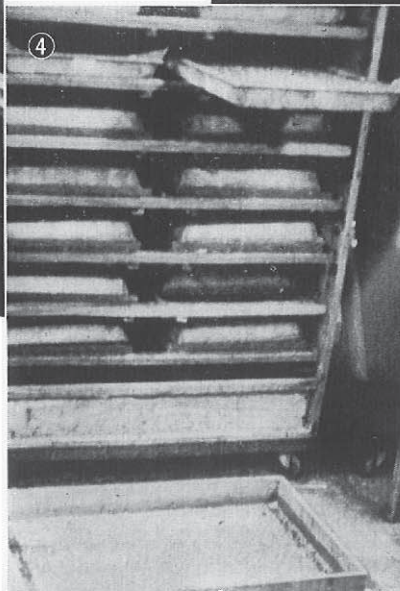
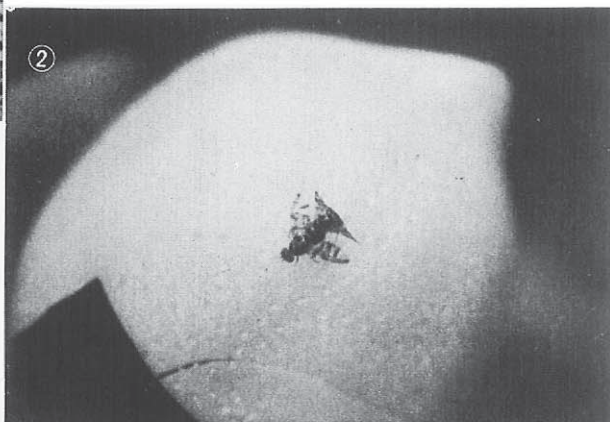
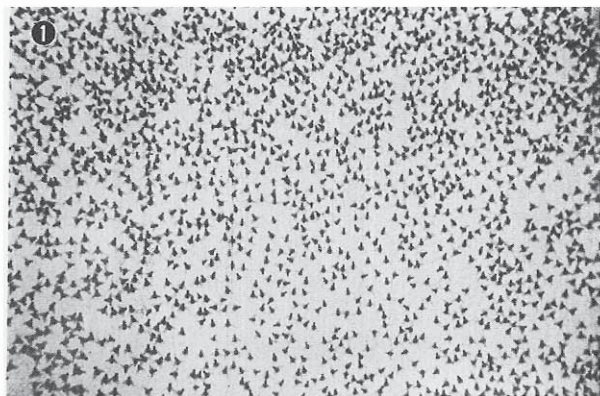
サンケイ化学株式会社

本 社 鹿児島市郡元町880
東京支店 千代田区神田司町2の1 神田中央ビル

果実の害虫チチュウカイミバエ の大量飼育

(中央アメリカ、コスタリカ)

農林省横浜植物防疫所 梅谷 献二 (原図)



<写真説明>

- ①, ② コスタリカの主都サンホセ郊外のミバエ研究所で大量飼育中のチチュウカイミバエの成虫 (月間 5 億匹) が生産されている。
- ③ 成虫の飼育室の一部。
- ④ 幼虫は人工飼料で飼育され、最下段の木屑の中で蛹化する。
- ⑤ 蛹は風選機で木屑と分離される。
- ⑥ コバルト 60 の照射装置 (蛹はここで不妊にされ、隣国ニカラグアの一部で行なわれているほく滅試験に供されている)

昆虫の無菌的および半無菌的飼育法



<写真説明>

—本文 35 ページ参照—

- ① 左：アメリカシロヒトリの半無菌的飼育 右：くいつくされて糞だけになった飼料
- ② ニカメイチュウの無菌的飼育（デシケーターは産卵装置）
- ③ 上：ハスモンヨトウ，下：アヲトウの半無菌的飼育

（①，③ 農林省農業技術研究所 野口 浩，② 同所 釜野静也 原図）

植物防疫

第 23 卷 第 8 号
昭和 44 年 8 月号

目 次

特集：昆虫の人工飼育と栄養

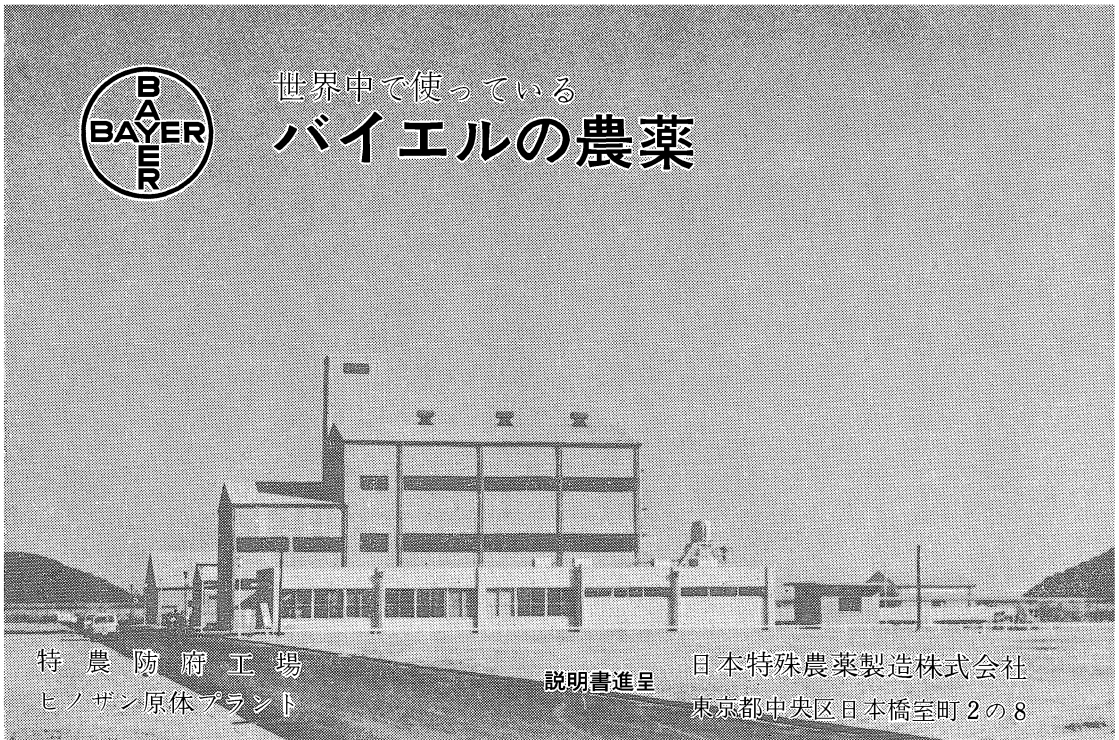
概 説	石井象二郎	1
昆虫類のビタミン・アミノ酸栄養—食植性昆虫の定性的要求性を中心に—	平野 千里	3
昆虫の脂肪酸要求	玉木 佳男	10
昆虫の炭水化物要求	堀江 保宏	13
昆虫のステロイド要求	石井象二郎	19
昆虫の無機塩要求	釜野 静也	23
昆虫の摂食刺激物質要求	林屋 慶三	26
昆虫の大量増殖とその利用	湯嶋 健	31

植物防疫基礎講座

昆虫の無菌的および半無菌的飼育法	{釜野 静也 湯嶋 健}	35
日米セミナー—殺虫剤の毒理—	能勢 和夫	39
新しく登録された農薬 (44.6.1~6.30)		45
中央だより	防疫所だより	40 40
学界だより	人事消息	2 34
短 信		2



世界中で使っている
バイエルの農薬



特農防府工場
ヒノザン原体プラント

説明書進呈

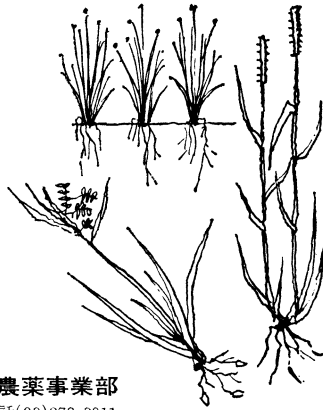
日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋室町2の8



稲刈取後の除草に

武田グラモキソン®

- マツバイ・ミズガヤツリや休閑田の冬雑草にすぐれた効果があります。
- 稲刈取後の除草により翌春の草とりや耕起が楽になります。
- 土壌中では直ちに不活性化し、作物の根をいためることがありません。



100cc・300cc・1ℓ・5ℓ



武田薬品工業株式会社 農薬事業部
東京都中央区日本橋江戸橋2の7 電話(03)273-3311

農 薬 要 覧

農林省農政局植物防疫課監修

農薬要覧編集委員会編集

発行がおくれご迷惑をかけました。好評発売中!

— 1969年版 —

B 6判 467 ページ タイプオフセット印刷
実費 730 円 千 70 円

— おもな目次 —

- I 農薬の生産、出荷
品目別生産、出荷数量、金額 製剤形態別生産数量、金額
主要農薬原体生産数量 43年度会社別農薬出荷数量 など
- II 農薬の輸入、輸出
品目別輸入、輸出数量 品目別輸出数量 仕向地別輸出金額など
- III 農薬の流通
県別農薬出荷金額 43年度農薬品目別、県別出荷数量 など
- IV 登録農薬
43年9月末現在の登録農薬一覧
- V 新農薬解説
- VI 関連資料
水稻主要病害虫の発生・防除面積 空中散布実施状況 防除機
械設置台数 主要森林病害虫の被害・防除面積 など
- VII 付録
法律 名簿 年表

— 1964年版 —

B 6判 320 ページ
実費 340 円 千 70 円

— 1965年版 —

B 6判 367 ページ
実費 400 円 千 70 円

— 1966年版 —

B 6判 398 ページ
実費 480 円 千 70 円

いずれもタイプオフセット印刷

—1963, 1967, 1968 年版—

品切絶版

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

概

説

京都大学農学部農薬研究施設 石井象二郎

作物や家畜、あるいは人間が昆虫によってこうむっている損害は、直接その昆虫の食物となるために起こることが多い。一方カイコなどの有用昆虫の生産する物質は、その昆虫の食物の代謝生産物である。昆虫の栄養という問題は、単に昆虫学上、あるいは比較生理学上興味あるだけでなく、応用的にも最も基礎的な重要課題の一つといえよう。

筆者が昆虫の栄養に興味を持ち、それと真正面に取り組む契機となったのは、昆虫の寄主特異性の問題で、昭和12年(1937)農事試験場(現在の農業技術研究所)でアズキゾウムシを飼いだめた時である。この虫は殺虫剤の供試昆虫として適しているため、おびたしい数の虫を飼育した。ただ飼育し、殺しているだけのルーティンワークでは興味がなく、同じ飼育するのにしても考えて飼育しようと思った。

アズキゾウムシの雌はどのような豆にでも産卵する。豆ばかりでなく、ある条件さえ満たされればガラス玉にさえ産卵を行なう。ところが豆の種類によって幼虫が育ったり、育たなかったりする。インゲンはアズキと同じ *Phaseolus* 属であるが、幼虫は1令で死亡してしまう。ダイズやソラマメはアズキと属も違うのであるが、幼虫は育つ。この現象を何とか説明しようと思った。2、3の先輩に相談し、意見を聞いたが、その答は、「そのような研究は労多くして成果が得られないから、やめたほうがよい」ばかりであった。それは後輩に無駄な努力をさせまいとする忠告であったのであろう。

アズキゾウムシの幼虫がインゲンで育たないのは、物理的な要因ではなく、化学的な要因と考えられ、その要因を何とかつきとめて、アズキゾウムシに食われないようなアズキができないものであろうかと、だいそれた夢をもつようになった。化学を第一歩から勉強しようという気持ちになったのは、この研究がおもな動機である。

さて一応化学実験が自ら行なえるようになって、まず手がけたのは、アズキを粉末にしてアズキゾウムシを飼う方法である。失敗を重ねてついに成功した。それは粉末を水で練って、もう一度丸薬状に丸め、その上をコロゾオンで覆うのである。これを「人工豆」と呼ぶことにした。粉末にすることにより、豆の成分を任意に変えることができるのである。一種の人工飼料である。この方法ができたお陰で、アズキやインゲンの成分と、アズキ

ゾウムシ幼虫の育成との関係を詳しく調べることができた。しかし豆の成分を離れて、まったく別の既知の物質で人工豆を作り、虫を飼育することができず、インゲンで育たない理由をより明確に説明することができず、今日に及んでいる。

1949年にウイスコンシン大学のBECK博士がアワノメイガ幼虫を人工飼料で無菌的に飼育するのに成功した。これは画期的な研究で、戦後間もない時、この報告に接した時の興奮は忘れられない。これより数年前U.S.D.A.のBOTGER博士が試みたのであるが、それは無菌的でなく、幼虫の育成も決してよいものではなかった。しかし誰もが考えも及ばなかったこのようなとっぴなことを試みることは、科学の飛躍的な発展のためにきわめて重要なことであろう。

昆虫の栄養を究明するには、人工飼料で無菌的に調べる以外に明確な方法がない。このような方法が開発される以前には、食物と昆虫体と糞とを分析し、その収支決算と、昆虫の消化酵素との研究から、栄養を論じた。これでも傾向は察知されるが、いかにも隔靴搔痒の感をまぬがれない。

筆者らはさっそくニカメイガ幼虫で人工飼料による飼育を試み、多くの方々の協力と努力によって成虫までこぎつけることができた。そして飼料の組成を改変することによって、栄養要求を明らかにした。従来イネを寄主とするニカメイガ幼虫の飼育にはまぜイネを栽培することから始めなければならず、さらに多数の幼虫飼育の煩雑さは経験した者でないといわれないであろう。

ニカメイガ幼虫の人工飼料は幾多の改良が行なわれ、またイネの幼苗やムギでの飼育も行なわれている。これらは本号に、それぞれ研究された方々によって詳述されるはずである。

BECKらによってアワノメイガの人工飼料による無菌飼育以来、今日に至る約20年間に多数の種類の昆虫が人工飼料により飼育できるようになった。アワノメイガやニカメイガの幼虫は茎に侵入し加害する昆虫であるが、今日では食葉性の昆虫も、アブラムシやウンカのような汁液を吸収する昆虫でも飼料と施用方法が開発されている。

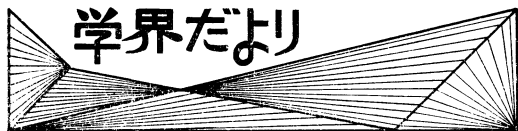
わが国での研究としてとくに記さなければならないのはカイコの人工飼料である。周知のようにカイコは極度

に domesticate された食葉性昆虫であり、しかも養蚕業という産業を後にひかえている。蚕糸試験場の伊藤・福田両博士、京都工芸繊維大学の浜村元教授の各グループを中心とした努力により今日ではカイコの人工飼料が完成され、実用化に踏出そうとしている。

人工飼料といってもその範囲は広い。既知物質による無菌飼育から、天然の寄主に依存度の高い飼料まで種々である。研究の目的により人工飼料の種類も異なるのは当然であろう。栄養を研究するには、既知物質による無菌飼育が望ましいことはいうまでもない。しかし人工飼料による昆虫の飼育は、栄養を研究するための方法ではない。あらゆる生理や生態などの研究に応用される。当然自分の研究の目的に応じて、飼料の組成、滅菌の方法など変えられるべきであろう。今日の人工飼料に

よる昆虫の飼育は、それぞれの昆虫によってなお改善すべき点が残されているが、この技術は将来に大きな可能性を潜めていることは疑いない。

筆者の手許に手あかによごれた UVAROV 博士の「昆虫の栄養と新陳代謝」がある。1928年に発行されたロンドン昆虫学会報に登載され、故江崎悌三博士によって1931年翻訳出版された。今では古典としての価値しかない文献であるが、昆虫における栄養の問題がいかに興味あり、重要であるかを詳しく述べてある。この本が私に与えた影響は非常に大きいものであった。昆虫の栄養要求が質的にはほぼ解明されており、40年の歳月を感じさせる。昆虫の栄養の研究がこのように解明されたのは、いうまでもなく人工飼料の発達であった。この特集でそれをあますところなく記載されるであろう。



○昭和 44 年度日本菌学会大会およびフォーレー開催のお知らせ

①大会

期 日：44 年 9 月 4 日 (木)、5 日 (金)

会 場：北海道大学法文経講堂

②フォーレー

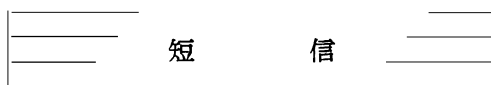
期 日：44 年 9 月 6 日 (土) ~ 8 日 (月)

場 所：北海道中川郡上音威子府

北海道大学中川演習林

申込先：日本菌学会大会事務局

(札幌市北九条
北海道大学農学部植物学教室内)



○弘前大学農学部正木進三氏「昭和 44 年度朝日学術奨励金」を受く

朝日新聞社は昭和 24 年より「朝日科学奨励金」という名(その後名称を「朝日学術奨励金」と変更)で、科学に関する研究に対して 21 年間奨励金を贈呈してきた。

本 44 年度の「朝日学術奨励金」の自然科学部門 4 研究のうち植物防疫関係では

正木進三氏(弘前大学農学部助教授)の

「昆虫の休眠の地理的変異」の研究に対して贈られた。

次号予告

次 9 月号は下記原稿を掲載する予定です。

害虫の防除と休眠 正木 進三

シャガイモ葉巻ウイルスの系統による

病徴の変化 田中 智・塩田弘行

シロオビウンカによるムギ北地モザイク・

ウイルスの媒介力およびイネ縞葉枯・

ウイルスの経卵伝染 新海 昭

ムギ類およびイネ科植物の害虫キタウンカ

持田 作・岸本良一

キュウリモザイクウイルスに対するキュウリ

品種の感受性 三沢 正生

野菜の低温輸送と病害の発生 向 秀夫

イネ白葉病病シンポジウム印象記 脇本 哲

植物防疫基礎講座

統計処理の手びき(6) 大竹 昭郎

同

研究者のための写真講座(4) 梶原 敏宏

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

1 部 136 円(千とも)

昆虫類のビタミン・アミノ酸栄養

——食植性昆虫の定性的要求性を中心に——

農林省蚕糸試験場化学部 平野千里

害虫類による農作物の被害がどのようにして引き起こされるかを考えてみると、例外なく害虫の摂食行動と密接な関係をもっていることがわかる。害虫の摂食、つまり彼らの栄養要求を満足させる行動の結果として、農作物が害を受けていることを思えば、害虫の栄養生理を解明しておくことの重要性は、おのずから明らかであろう。

さて栄養の研究を進めるために、任意に組成を変えることのできる合成飼料が必要なことはいうまでもない。1942年 BOTTGER が成功したアワノメイガの人工飼料による飼育法は、その後 BECK ら (1949, 1953) によって改良され、さらに無菌条件下での飼育法も確立された。またこれと相前後して、1951年には石井らによってニカメイガの人工飼料育も成功し、さらに飼料組成の改善や栄養要求性の解明が次々に進められた。アワノメイガとニカメイガ——一つはアメリカ合衆国におけるトウモロコシの大害虫であり、他はわが国のイネの大害虫である——に関して、この時代に行なわれた一連の研究は、食植性昆虫の人工飼料開発と栄養生理研究の歴史にエポックを画したものとええよう。

かなり以前から人工的な飼料で飼育されていたハエ類や貯穀害虫などに比べて、非常に立ち遅れていた食植性昆虫の栄養生理の研究も、こうして複雑な成分から構成されている生きている植物の代わりに、成分のわかった人工的な飼料で飼育できるようになった 1950 年以降、急速な進歩をとげた。

本文ではビタミン類およびアミノ酸に対する昆虫類の定性的要求性を、食植性昆虫で行なわれた研究結果を中心に、概観してみたいと思う。

I B群ビタミン

無菌条件下で食植性昆虫のビタミン要求性を系統的に明らかにした最初の研究は、ニカメイガで行なわれ、B群のサイアミン、リボフラビン、ピリドキシン、ニコチン酸、パントテン酸、葉酸、およびビオチンの必要性が示された (ISHII & URUSHIBARA, 1954)。これよりさき、BECK ら (1953) はアワノメイガの人工飼料にサイアミン、リボフラビン、ピリドキシン、ニコチン酸、パントテン酸、パラアミノ安息香酸、葉酸、ビオチンを加えて

いるが、その必要性については検討していない。

その後タマネギバエ (FRIEND & PATTON, 1956)、バッタ (DADD, 1961)、コオロギ (RITCHOT & McFARLANE, 1961)、ワタゾウムシ (VANDERZANT, 1963) などで次々に研究が進められたが、第1表に示すように、種類間でほとんど差がなく、またスジコナマダラメイガやゴミムシダマシ科の貯穀害虫、あるいはシマカヤハエなど食肉性双翅目昆虫の要求性とも、よく一致している。

共生微生物がビタミン類を合成供給していると考えられるシバンムシ類 (*Lasioderma*, *Stegobium*) は、非無菌条件下ではほとんどのB群ビタミンを必要としないが、一般的にみて昆虫類はパラアミノ安息香酸および B₁₂ を除くB群の水溶性ビタミンを要求する。多くの昆虫類がサイアミン、リボフラビン、ピリドキシン、ニコチン酸、パントテン酸、葉酸、ビオチンを要求すること自体は、とくに問題もないように思うし、また昆虫体内におけるそれらの役割も一般動物の場合と同じと考えてよからう。以下 B₁₂ およびカルニチンについて、比較的最近の文献から話題を拾ってみよう。

B₁₂ の必要性は明確でない。多くの昆虫の人工飼料では、とくに B₁₂ を添加している例は少なく、一般的にみて必須ではないとされている。しかし GORDON (1959) によれば、B₁₂ 欠如飼料でチャバネゴキブリを飼育すると、卵の形成が阻害され、さらに次世代の 1, 2 令をすぎたあたりで生長が停止するという。要求量が多量にも微量であるため、第2世代の途中までは顕著な欠乏症状が現われなかったものと考えられ、他の昆虫類でも厳密には要求している可能性が残されている。

カルニチンは後述するコリンと構造的に類似しているが、ここではB群のビタミンとして取り扱っておく。カルニチンを要求することが確認されているのは *Tenebrio*, *Tribolium*, *Palorus* などゴミムシダマシ科の昆虫に限られており (FRAENKEL, 1959)、カツオブシムシではカルニチン合成能力が知られている (FRAENKEL, 1953)。一方ショウジョウバエ, *Phormia*, イエバエなどは食物中にカルニチンを必要としないが、そのコリン要求性はカルニチンで代用できる (FRAENKEL ら, 1955; HODGSON ら, 1956; BRIDGES ら, 1965)。裏をかえせばこれ

第1表 昆虫類のB群ビタミンおよび水溶性リボゲンに対する要求性

食植性昆虫	トーマシノ虫類	ピヨチ	カキチ	(B ₇)	シノコバシ	(B ₁₂)	コチ	ハチ	バチ	(B ₆)	リボゲン	(B ₂)	サイミン	(B ₁)	糖化	シノチ
食植性昆虫																
<i>Chilo suppressalis</i>	ニカメイガ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hylemya antiaqua</i>	タマネギバエ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acheta domestica</i>	コオロギ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Locusta migratoria</i>	バッタ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Schistocerca gregaria</i>	バッタ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anthonomus grandis</i>	ワタゾウムシ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Bombyx mori</i>	カイコ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Philosamia cynthia ricini</i>	エリサン	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Myzus persicae</i>	モモアブラムシ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
貯穀害虫																
<i>Tribolium confusum</i>	コクストモドキ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ephesia kuehniella</i>	スジコナマダラ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tenebrio molitor</i>	チャイロコメゴムシ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Palorus ratzeburgi</i>	ゴミムシ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lasioderma serricorne</i>	タバコシバシムシ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stegobium paniceum</i>	ジンサンシバシムシ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
食肉性昆虫																
<i>Attagenus sp.</i>	ヒメカツネブシムシ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Calliphora erythrocephala</i>	クロバエ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Agria affinis</i>	クバエ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phormia regina</i>	McGINNIS et al., 1956	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cochliomyia hominivorax</i>	ラセンウジバエ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
その他																
<i>Blattella germanica</i>	チャバネゴキブリ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Drosophila melanogaster</i>	キイロシヨウジョウバエ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aedes aegypti</i>	ネッタイシマカ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Musca domestica</i>	イエバエ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+: 要求する, -: 要求しない, (): 無菌飼育の結果

ら双翅目昆虫では、カルニチンを合成できないことを示している。

もちろん食植性昆虫では、現在までカルニチンを必要とするという例は知られていないし、またワタゾウムシでは、カルニチンはコリン要求を代用することもできない (VANDERZANT, 1963)。

ゴミムシダマシに対する類縁化合物の栄養効果を検討した結果から、カルニチン活性には (1) オニウム基(この場合は $(\text{CH}_3)_3\text{N}^+$) の存在, (2) オニウム基とカルボキシル基の間の炭素数が 3 であること, および (3) 遊離または容易に遊離になりうる β -水酸基の存在が構造上必要であるとされている (BHATTACHARYYA ら, 1955)。

II 脂溶性ビタミン

一般的にみて昆虫類は脂溶性ビタミンを要求しないが、いくつかの例外的な場合も報告されている。ここにはこのような例外的な数種について紹介しよう。

FRAENKEL と BLEWETT (1946) はスジコナマダラメイガが飼料中にコムギ胚芽油を必要とすることを見出した。油のなかの有効成分の一つは蛹殻からの成虫の脱出や、成虫の翅の鱗粉形成を正常にする働きをもつリノール酸であり、他の一つは幼虫の生育を促進させる作用をもつ α -トコフェロール (ビタミン E) であった。BECK ら (1949) もアワノメイガ幼虫の合成飼料中のトウモロコシ油が、コレステロール、リノール酸および α -トコフェロールの混合物で完全に置きかえられることを示したが、 α -トコフェロールが不可欠であるかどうかには、言及していない。

スジコナマダラメイガのほか、 α -トコフェロール要求は昆虫寄生性ニクバエ *Agria affinis* とコオロギ *Acheta domestica* で認められている。ニクバエでは幼虫の生育を促進させる効果があるほか、とくに顕著なのは雌が正常な生殖能力をもつために不可欠なことである (HOUSE, 1966)。一方コオロギでは、逆に雌は α -トコフェロールの欠如によって影響をうけないが、雄では、とくに幼虫末期に欠乏するといちじるしい影響をうけ、精子形成が停止する (MEIKLE & McFARLANE, 1965)。

α -トコフェロールの役割は、これまで不飽和脂肪酸の酸化防止作用にあると考えられていたが、コオロギでは欠乏効果のもっともいちじるしく認められる終令幼虫でも、その脂肪酸構成は α -トコフェロールの存否によって質的にも量的にもまったく差がなく、たとえばリノール酸は常に全脂肪酸のほぼ 25% を占めている (MEIKLE & McFARLANE, 1965)。最近の α -トコフェロール補酵素説 (NASON ら, 1957) とも考えあわせて、その生体内

での役割については再考する必要がある。

β -カロチン(またはビタミン A) はバクダ類 *Schistocerca gregaria* や *Locusta migratoria* の正常な体色発現のために必要である (DADD, 1960, 1961)。Locusta を集団飼育した場合、カロチンを含む飼料ではメラニン形成が行なわれ群生相特有の暗い体色となるが、カロチン欠如飼料ではメラニンの形成が進まず、体色は青緑色となる。この青色色素は孤独相バクダの緑色色素 insectoverdin のプロクロモーゲンである mesobiliverdin と考えられる。もちろんカロチン欠乏区のバクダではカロチノイド色素である insectoverdin そのものは形成されないが、メラニンが形成されず mesobiliverdin が生じるために、集団飼育しても孤独相的な体色を示すわけである (DADD, 1961)。幼虫の発育も β -カロチンにより促進されるが、正常な卵のなかには幼虫の発育に必要な程度のカロチンを含んでいるので、この効果は顕著でない場合もある (DADD, 1957, 1960)。しかし親世代をカロチン欠乏飼料で飼育して得られたカロチン含量の低いふ化幼虫を供試すれば、 β -カロチンの発育促進効果は明瞭に認められる (DADD, 1961)。

NAYAR (1964) も別種のバクダ *Melanoplus bivittatus* を用い、 β -カロチンは幼虫の発育には関係をもたないが、正常な体色発現に必要なことを示している。昆虫寄生性ニクバエでは、ビタミン A が幼虫の生育を促進させる効果をもっている (HOUSE, 1965)。この効果はビタミン A 酸、ファーンゼール、キサントフィルでは認められなかった。

III アスコルビン酸

大部分の食植性昆虫はアスコルビン酸を要求し、これはこのグループの昆虫の大きい特長と考えられる。古くから人工飼料で飼育されていた貯穀害虫や腐食性昆虫、食肉性昆虫が、アスコルビン酸を要求しなかったこと、ゴキブリなどではマンノースその他の糖類からのアスコルビン酸合成能力が示されたこと (WOLLMAN ら, 1937; ROUSELL, 1958)*、さらに初期に人工飼料による飼育に成功した食植性昆虫——アワノメイガ、ニカメイガ、タマネギバエ、ワタアカミムシ、コカクモンハマキ——の幼虫発育が、アスコルビン酸を加えない飼料で良好だったことなどから、その重要性は食植性昆虫においても 1957 年まで問題にされなかった。しかしその後、多くの食植性昆虫でその必須性が認められ、アスコルビン酸を要求しない種類のほうが、むしろ例外的な存在となった。

* その後、この能力は共生微生物の作用によることが明らかにされた (PIERRE, 1962)。

最初にアスコルビン酸の必要性が証明されたのはバッタであった。DADD(1957, 1960) は飼料中にアスコルビン酸を欠くと *Schistocerca gregaria* 幼虫の発育は遅延して、幼虫後期に全個体が死亡することを見出した。*Locusta migratoria* でも同様の現象が見られ、ごく少数は欠如飼料で成虫になるが、いずれも奇型であり、体重は軽く寿命は短い。

VANDERZANT ら (1962) はワタの害虫3種——*Heliothis zea*, *Anthonomus grandis*, *Estigmene acrea*——を合成飼料で無菌条件下に飼育し、アスコルビン酸がこれら3種の必須栄養素であることを示した。ワタゾウムシ *Anthonomus grandis* の場合は、アスコルビン酸を含まない飼料を成虫に与えると、虫体内のアスコルビン酸濃度はいちじるしく低下し、同時に産卵数も減少する。さらに卵のふ化率も低く、ふ化幼虫はアスコルビン酸を与えられないと2令までに死亡する。また *Heliothis* や *Estigmene* の幼虫は、アスコルビン酸欠如飼料では生長が遅れ、蛹化できずに死亡する。まったく同様の結果はカイコ (伊藤ら, 1961, 1965), エリサン (FUKUDA, 1963; 亀山・川杉, 1965), コドリング (Rock, 1967) などでも得られている。またアゲハチョウ、ヨトウガ、ハスモンヨトウ、イラクサキンウワバ、タマナギンウワバ、アメリカシロヒトリなど、現在までに人工飼料による飼育法が確立されている多くの種類でも、飼料中にアスコルビン酸を添加することが必要とされている。

さらにアスコルビン酸を含まない飼料でも幼虫が生育できることの観察されていたアワノメイガやニカメイガでも、アスコルビン酸の重要性が示されるに至った (CHIPPENDALE & BECK, 1964; 釜野, 1964)。釜野 (1964) によればニカメイガの雄幼虫はアスコルビン酸を含まない飼料でも十分生育して蛹化し、生殖能力をもつ成虫になるが、雌は大部分の個体が蛹化できず、蛹化しても羽化に失敗する。しかし飼料にアスコルビン酸を添加すると、幼虫の生育が促進されるばかりでなく、雌も正常に蛹化、羽化できるようになり、さらに産卵数や発育卵数も野外の個体と変わらなくなる。このアスコルビン酸要求性は、若令幼虫期にはあまり顕著でないが、幼虫末期になると強くなるという。また湯嶋・釜野 (1964) はニカメイガ幼虫体液のタンパク質を電気泳動法によって検討し、アスコルビン酸欠乏飼料区の個体では体液のタンパク質濃度がいちじるしく低いが、飼料中のアスコルビン酸含量を増すに従って体液タンパク質濃度も増加し、雌が正常な生殖能力をもつ飼料区の幼虫の電泳パターンは野外個体のそれとほとんど差がなくなることを示している。

一方タマネギバエ (FRIEND & PATTON, 1956), ワタアカミムシ (VANDERZANT & RICHARDSON, 1963), コカクモンハマキ (TAMAKI, 1959, 1961, 1966), ハマキガの1種 (Rock, 1964) はアスコルビン酸を要求しない。たとえばワタアカミムシは、アスコルビン酸を含まない飼料で何世代にもわたって累代飼育が可能であり、また虫体内のアスコルビン酸濃度をみると、蛹期間には明らかな増加が認められるので、虫自身がアスコルビン酸合成能力をもっていることは確実である。

IV リポゲン——コリンとイノシトール

以前コリンやイノシトールは水溶性ビタミンとして分類されていた。しかしこれらに対する要求量は非常に高く、B群の水溶性ビタミンに比べて100倍あるいはそれ以上にも達する。これはちょうど必須アミノ酸に対する要求量に相当するレベルである。このことは虫体内に存在する含量からも裏書きされる。チャバネゴキブリ体内のコリン含量は15~20 μ mole/g であり (NOLAND & BAUMANN, 1949), これはトリプトファン含量 (約10 μ mole/g) よりも多いくらいである。さらにコリンとイノシトールは、エタノールアミン、セリン、グリセロール、脂肪酸などとともに、複合脂質の構成成分であり、B群ビタミンのように生体内で補酵素として触媒的に働く栄養成分とは、生理的役割が基本的に違っている。したがってコリンやイノシトールは、ステロール類や脂肪酸とともに、リポゲン類として分類すべきである (GORDON, 1959)。しかしステロール類や脂肪酸については、それぞれ別に詳しく解説されるので、ここではコリンとイノシトールについてふれることとする (第1表参照)。

コリンはリン脂質レシチン (phosphatidyl-choline) の構成成分として、またメチル基供与体として重要であると考えられ、ほとんどすべての昆虫がかなり多量に要求する。ニカメイガでは、他の昆虫と異なりコリン欠如飼料でも幼虫が生育できることから、必須ではないと考えられていたが (ISHII & URUSHIBARA, 1954), その後多量のコリンを加えた飼料で飼育されると成虫の産卵数や産下卵のふ化率がいちじるしく高まることが確かめられた (釜野, 1961)。

一方ショウジョウバエのコリン要求はカルニチンで代用でき (FRAENKEL ら, 1955), *Phormia* のコリン要求はカルニチン、 γ -ブチロバタイン、2,2-ジメチルアミノエタノールで代用できる (HODGSON ら, 1956, 1960)。またイエバエではカルニチンとアセチル- β -メチルコリンがコリンに代わりうる (BRIDGES ら, 1965)。このようにコリンの代わりにカルニチンその他を与えられて生

育した *Phormia* やイエバエの虫体内には、正常な虫体に多量に存在する phosphatidyl-choline はほとんど認められず、代わりに多量の phosphatidyl- β -methylcholine が存在する (BIEBER ら, 1961, 1963 ; BRIDGES ら, 1965)。

HODGSON と DAUTERMANN (1964) はさらに 15 種類のコリン類縁化合物について、*Phormia* 幼虫に対するコリン活性を調べ、(1) 三つある N-メチル基のうち、一つは他のアルキル基で置換してもよいが、二つはメチル基であること、および (2) 末端水酸基はオニウム基から 2 番目の炭素に結合していることが、コリン活性を示すために必要であるとした。

他の昆虫でも双翅目でみられたようにある種の類縁化合物が、コリン活性をもつかどうか十分明らかではないが、カルニチンを要求する *Palorus ratzeburgi* でも、要求しないチャバネゴキブリでも、飼料中のカルニチンはコリン要求を満足させなかった (FRAENKEL ら, 1955)。またワタゾウムシのコリン要求は、カルニチンのほか、ベタイン、エタノールアミンでも代用できないし (VANDERZANT, 1963)、カイコのコリン要求はカルニチンやダイズリン脂質では代用できなかった (HORIE & ITO, 1965)。一方アセチルコリンのもつカイコ若令幼虫に対する脱皮促進効果 (HAYASHIYA ら, 1965) は、コリンでも有効である (林屋ら, 1963)。

多くの昆虫はイノシトールを必要としないが、ワモンゴキブリ (FORGASH ら, 1958, 1960, 1962)、チャバネゴキブリ (GORDON, 1959)、ワタゾウムシ (VANDERZANT, 1959, 1963)、バッタ (DADD, 1961)、コロロギ (RITCHOT & McFARLANE, 1961)、カイコ (堀江ら, 1966)、モモアカアブラムシ (DADD ら, 1967)、*Heliothis zea* (ヤガ科) (VANDERZANT, 1968) では生長を促進する効果がある。

ワタゾウムシ幼虫はイノシトールを含まない飼料ではまったく生長できず、また 0.5 mg/100 g 以下の濃度では蛹化がみられない。この要求性は、かならずしもイノシトールそれ自身でなくても、イノシトール-2-モノリン酸塩や、フィチン酸カルシウム (イノシトール・6-リン酸カルシウム)、あるいは phosphatidyl-inositol を含むと考えられるダイズリン脂質でも十分に代用できる (VANDERZANT, 1963)。またワタゾウムシ成虫も、イノシトール欠乏飼料では産卵数がいちじるしく減少するが、産下卵のふ化率はほとんど影響をうけなかった (VANDERZANT & RICHARDSON, 1964)。

その他コクスストモドキやヒョウホムシ (FRAENKEL & BLEWETT, 1943)、あるいはスジコナマダラメイガ (Fr-

ANKEL & BLEWETT, 1946) でも、イノシトールは生育を促進するが、その効果はきわめてわずかにすぎない。

はっきりとイノシトールを要求するのは、ゴキブリ類を除くと、いずれも食植性昆虫であることは、興味もたれる。

V アミノ酸要求

緑色植物を寄主とする昆虫のアミノ酸要求性は、水溶性ビタミン要求性と同じく、ニカメイガで初めて研究され、アルギニン、ヒステジン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、トリプトファンおよびバリンが必須であることが示された (ISHII & HIRANO, 1955)。これら 10 種類のアミノ酸は、すでに明らかにされていたカツオブシムシやコクスストモドキに対する必須アミノ酸とまったく一致し、さらにこれらはネズミに対する必須アミノ酸とも一致する (ROSE, 1938)。

食植性昆虫では、その後タマネギバエ、ワタアカミムシ、ワタゾウムシ(幼虫および成虫)、カイコ、エリサン、ハマキガ、モモアカアブラムシなどでアミノ酸要求性が明らかにされているが、カイコとモモアカアブラムシを除けば、それらの必須アミノ酸はニカメイガのそれと完全に一致している。カイコのアミノ酸要求は、他の食植性昆虫で必須とされた 10 種類のアミノ酸の他に、プロリンを必要とし、またアスパラギン酸の欠如も大きい影響を与えるというが、基本的には他の種類と類似しているといえよう。

一方、モモアカアブラムシの要求性は、食植性昆虫類ばかりでなく、報告されているすべての昆虫と比べても非常に特異的であり、ヒステジン、イソロイシンおよびメチオニンの 3 種類しか必要としない。可欠アミノ酸のあるものは、アブラムシ自身にその合成能力があるというよりも、共生微生物によって合成供給されているらしい (DADD & KRIEGER, 1968)。アブラムシ類の腹腔内には、共生微生物を含む特殊な細胞 (mycetocytes) や組織 (mycetomes) があり、胚を通して経代伝播される共生微生物のあるものは、空気中の窒素を固定することが知られているので、これらがアブラムシにアミノ酸を供給している可能性は十分であろう (c. f. AUCLAIR, 1963)。

食植性昆虫以外のアミノ酸要求性も、貯蔵害虫や双翅目昆虫を中心に明らかにされているが、やはり基本的には 10 種類のいわゆる必須アミノ酸を要求する点で共通している。標準的アミノ酸要求との差異を見ると、いくつかの種類でシスチン、グリシン、プリロン、あるいはセリンを要求する場合のあることがわかるが、これらを

成のための素材、とくにアミノ基転移反応におけるアミノ基の供与体としての働きが、大きいものと思われる。Rock と King (1967) によれば、ハマキガ幼虫でも必須アミノ酸へのグルタミン酸添加の効果はいちじるしいが、この効果はなにもグルタミン酸に限ってみられるものではなく、セリン、アスパラギン酸、アラニンのようにアミノ基供与体になりやすい他の可欠アミノ酸でも、グルタミン酸と同程度の効果があり、またグリシン、プロリン、シスチン、さらにはクエン酸アンモンにもかなりの効果が認められるという。これらの事実も、必須アミノ酸に添加された可欠アミノ酸が、他の可欠アミノ酸生合成の素材となって栄養効果をあげていることを示唆してしよう。

おわりに

初めにおことわりしたように、本文ではビタミン類とアミノ酸に対する食植性昆虫の定性的要求性を中心に話を進めた。したがって食物中の栄養成分の量的変化に対する昆虫の反応や、昆虫の生活における栄養成分の働き、あるいは栄養成分の代謝など、昆虫栄養のより興味ある分野については、ほとんどふれなかった。

最後に一つだけ、アブラムシの翅型決定におけるアミノ酸の役割についての最近の報告を紹介して、本文を終わりたいと思う。アブラムシの有翅型・無翅型の決定要因については古くから興味もたれ、無機的环境条件、寄主植物、生息密度などの役割について研究されているが、DADD (1968) は食物中のある種のアミノ酸の欠乏もこれに関係をもつことを認めた。必須アミノ酸であるヒスチジン、イソロイシンあるいはメチオニンを欠くと、無翅虫の比率が非常に高くなり、リジン、スレオニン、シスチンの欠乏もわずかながら同様の効果がある。一方アラニン、トリプトファン、バリンの欠如は、反対に無翅虫の出現を減少させる傾向があり、その他のアミノ酸は翅型決定に関係がなかった。一般に生活環境が不適当になると有翅型が多く発生することは、経験的に知られているところであり、これからみると必須アミノ酸の欠乏によって無翅虫が増加するというのは説明しにくいようにも思えるが、逆にこのあたりから翅型決定機構を解明する糸口が得られるのかもしれない。

末筆ながら文献調査にあたりご援助いただいた農林省蚕糸試験場化学部山下忠明氏に厚くお礼申しあげる。

昆虫実験法

深谷昌次・石井象二郎・山崎輝男 編 1,700円 (千サービス)
A 5判 858 ページ 箱入上製本

初歩的な実験装置・器具からラジオアイソトープの操作法なども含めて特殊なテクニックまでを平易に解説した書

植物防疫叢書

- ④ ネズミとモグラの防ぎ方
三坂和英 今泉吉典 共著 150 円 千 45 円
- ⑦ 農薬散布の技術
鈴木照磨 著 170 円 千 35 円
- ⑪ ドリン剤
石倉秀次 著 200 円 千 45 円
- ⑫ ヘリコプタによる農薬の空中散布
畑井直樹 著 130 円 千 35 円
- ⑮ 野菜のウイルス病〔増補改訂版〕
—その種類の判別防除—
小室康雄 著 220 円 千 45 円
- ⑯ 花の病害虫の種類と防除法
河村貞之助 野村 健一 共著 230 円 千 45 円

好評の 協会 出版物

お申込みは現金・
小為替・振替
で直接協会へ

土壤病害対策委員会編集の
「土壤病害」に関する参考書

土壤病害の手引(I)

200 円 千 50 円

A 5判 118 ページ 口絵4 ページ

土壤病害の手引(II)

350 円 千 70 円

A 5判 215 ページ 口絵2 ページ

土壤病害の手引(III)

400 円 (千サービス)

A 5判 155 ページ

土壤病害に関する国内文献集

250 円 千 50 円

A 5判 127 ページ

植物病理実験法

明日山秀文・向 秀夫・鈴木直治 編 1,700円 (千サービス)
A 5判 843 ページ 箱入上製本

基礎的な実験テクニック、圃場試験法、近年取り入れられて来た研究方法を土台として、試験研究法ともいべき項目を選び、初歩的な実験装置・器具から特殊なテクニックまでを手技をできるだけ具体的に解説した書

昆虫の脂肪酸要求

農林省農業技術研究所 玉木佳男

昆虫がその生活に必要なエネルギーをグリコーゲンや脂肪の形で貯えていることは良く知られているが、昆虫が彼らの食物中に脂質を必要とするかどうかについては従来ステロールを除いては一般に必要としないと考えられていた。これは脂肪が生体内でタンパク質や炭水化物から生合成できることと、昆虫の栄養要求についての初期の研究が主として双翅目の昆虫や鞘翅目の貯穀害虫についてなされていたことによる。しかし、近年の栄養要求についての研究の進展に伴って、ステロール以外の脂質を食物中に必要とする昆虫もあることが次第に明らかになってきた。昆虫の脂質要求についてはステロールのほかに脂肪酸、リン脂質、トコフェロール、カロチノイドなどについての知見があるが、ここでは脂肪酸に限って今までの知見を整理してみたい。

I

昆虫が脂肪酸を要求することを人工飼料による飼育の結果から初めて明らかにしたのはFRAENKEL & BLEWETT (1946)¹⁾である。彼らはコナマダラメイガ類の3種の昆虫が成虫の正常な羽化と鱗粉の形成のためにコムギ胚芽油を必要とし、この有効成分がリノール酸であることを発見した。リノレン酸もリノール酸と同様に有効だがオレイン酸では無効であった。正常な羽化にはリノール酸4 mg/gが必要であり、この濃度以下では鱗粉形成不完全のものから翅の伸展不十分のもの、あるいは羽化がまったく不能のものまで、いろいろの程度の欠乏症が見られる。すなわちこれらの不飽和脂肪酸はこの昆虫にとって必須脂肪酸であると考えられる。スジマダラメイガの必須脂肪酸欠乏症は非常に明瞭に現われるので、この現象を利用した必須脂肪酸の生物定量法が作られた²⁾。この方法によって脂肪を含まない飼料で飼育されたスジマダラメイガとチャイロコメノゴミムシダマシの体脂肪中の必須脂肪酸を調べたところ前者の脂肪中にはリノール酸として1%以下しか含まれてないが後者のそれには10%も含まれていた。すなわち前者は必須脂肪酸を生合成できないのに後者はこれができると考えられる。

ワタノアカミムシの場合もその成虫の正常な羽化にリノール酸またはリノレン酸を必要とする³⁾。この場合リノール酸は1.25 mg/gが必要であるがリノレン酸は0.5 mg/gで十分である。そしてこれらの最少必要量以

下では翅の伸びない成虫や蛹殻からの脱出が完全でない成虫が見られる。同様の事実はバッタの1種 *Schistocerca gregaria*⁵⁾、タバコガの1種 *Heliothis zea*⁴⁾、ハチミツガ⁶⁾、コドリンガ⁸⁾、ハマキガの1種 *Argyrotaenia velutinana*⁷⁾、およびハスモンヨトウ⁹⁾についても知られており、リノール酸またはリノレン酸のいずれか一方を成虫の正常な羽化のために必要としている。

他方コカクモンハマキでは上記の昆虫と同様に不飽和脂肪酸を成虫の羽化のために必要とするが、この場合の必須脂肪酸はリノレン酸でありリノール酸では効果がない¹⁰⁾。また、イラクサキンウワバの場合もリノール酸は幼虫の発育にのみ効果があり成虫羽化には無効である。この場合も成虫羽化のための必須脂肪酸はリノレン酸である¹¹⁾。

以上の不飽和脂肪酸要求の事例を下表にまとめて示した。表中の数値は成虫の羽化に必要な脂肪酸量であるが必ずしも最少必要量または最適量を表わすものではない。しかし、昆虫の不飽和脂肪酸要求量はこの表から0.3~10 mgの範囲にあることが推測される。バッタの1種 *Melanoplus bivittatus* におけるリノレン酸およびヒトリガの1種 *Estigmene acrea* におけるリノール酸についてのデータはないのでこれらの昆虫がこれらの脂肪酸

成虫の羽化に必要な不飽和脂肪酸濃度 (飼料1g中のmg)

種名	リノール酸	リノレン酸
コナマダラメイガ類 3種	4	*
ワタノアカミムシ	1.25	0.5
タバコガの1種 (<i>Heliothis zea</i>)	>1.5	0.25
ハチミツガ	1.0	*
コドリンガ	2.0	2.0
コカクモンハマキ	—	0.3
ハマキガの1種 (<i>Argyrotaenia velutinana</i>)	0.85	0.8
イラクサキンウワバ	—	1~5
ヒトリガの1種 (<i>Estigmene acrea</i>)	?	>0.25
ハスモンヨトウ	5.6	1.0
バッタの1種 (<i>Schistocerca gregaria</i>)	5	5
バッタの1種 (<i>Melanoplus bivittatus</i>)	10	?

* : この酸でもほぼ同等に有効

— : この酸では無効

? : 試験してないので不明

によっても成虫羽化を正常に行なえるかどうか不明である。ともかくリノール酸とリノレン酸のいずれか一方があれば不飽和脂肪酸要求が満たされる場合が多いが、コカクモンハマキやイラクサキンウワバのようにリノレン酸のみが有効であるという例があるのにその逆がないことは注目すべきである。ちなみに不飽和脂肪酸要求が最初に発見されたネズミではリノール酸にその生理活性が見られ、リノレン酸にはほとんど見られない。

その他モンシロチョウ¹²⁾とその近縁種 *Pieris brassicae*¹³⁾では人工飼料からカンランの粉末を除くと翅が伸びない成虫が出現するがモンシロチョウではナタネ油を、*Pieris brassicae* ではアマニ油を添加すると正常な成虫が出現するようになる。また、ヨトウムシでもその人工飼料中にカンランの葉を入れないと成虫の羽化脱皮が不能となり、カンラン葉中に羽化脱皮に関与する因子があると推定されている¹⁴⁾。さらに、アゲハチョウの場合もその人工飼料中にカタチの葉が入っていないと羽化不能となる¹⁵⁾。これらの症状はいずれもその原因の大部分が不飽和脂肪酸欠乏によるものとみてよいであろう。

II

鱗翅目の多くの昆虫と食植性のバッタで不飽和脂肪酸が成虫の羽化のために必須であることが明らかとなったが、成虫の羽化という場面のほかに幼虫の発育、成虫の産卵、または卵のふ化などに脂肪酸が効果的な役割を果たしていることがある。

前項に述べた多くの昆虫は幼虫の発育も不飽和脂肪酸によって促進される。コナマダラメイガ類ではリノール酸やリノレン酸のほかにアラキドン酸やドコサヘキサエン酸もこの効果をもっている^{1,2)}。ワタノアカミムシ、コドリング、ハマキガの1種およびハスモンヨトウでも不飽和脂肪酸は幼虫の発育を良好にする。

ゾウムシの1種 *Anthonomus grandis* の場合飼料中に脂肪がないと幼虫の発育が悪く、成虫の収率が低下し、産卵数が減少するが、これに関与するのはリノール酸とリノレン酸である¹⁶⁾。しかし量が多ければパルミチン酸、ステアリン酸またはオレイン酸でも効果が現われる¹⁷⁾。この昆虫の場合には羽化不能という脂肪酸欠乏症は現われない。また、ノコギリヒラタムシは脂肪がなくとも発育は十分に行なうが脂肪や脂肪酸を飼料に添加するとさらに良くなる。この場合の脂肪酸はパルミチン酸、オレイン酸およびリノール酸の3種混合物が良い¹⁸⁾。

前項でバッタの1種 *Schistocerca gregaria* が成虫の羽化のために不飽和脂肪酸を必要とすることにふれたが、同じバッタの仲間でもトノサマバッタでは脂肪や脂肪酸

がなくとも羽化不能になることはなく単に幼虫の体重と蛹化率の減少が見られるだけである⁵⁾。またコオロギの1種 *Acheta domesticus* ではリノール酸が卵のふ化率の上昇に効果的であることが知られている¹⁹⁾。他方同じ直翅目でもチャバネゴキブリではリノール酸欠の飼料で飼うとその成虫が産んだ卵からふ化した幼虫が歩行困難となりすべて死亡する²⁰⁾。

双翅目昆虫は一般に脂肪をまったく必要としないが、ただ1種、寄生バエ *Pseudosarcophaga affinis* で脂肪の幼虫発育促進効果が認められた²¹⁾。脂肪酸として試験したうちではオレイン酸が最も有効で、これの最適濃度は2 mg/gであった。しかし数種の脂肪酸を混合したほうがより効果的である。また、オレイン酸の最適濃度下では0.44~1.32 mg/gのパルミチン酸または0.4~0.1 mg/gのステアリン酸との2種混合物は数種の脂肪酸の混合物と同等の効果を与えている²²⁾。

以上に述べた数種の昆虫の場合、チャバネゴキブリを除いては脂肪酸に対する要求が絶対的なものとはいえない。すなわち前項に述べた羽化不能というきわめて明瞭な脂肪酸欠乏症とは本質的に異なっている。

一般に鱗翅目昆虫は成虫の羽化のためにある種の不飽和脂肪酸を必要とすると考えられるが、この点でさらに検討を要する事例がある。ノメイガの1種 *Loxostege sticticalis* の虫体と寄主植物の分析結果から PEPPER & HASTINGS (1943)²³⁾はこの昆虫が産卵のためにリノール酸を要求すると考えた。これは昆虫の不飽和脂肪酸要求に関する最初の報告であるが人工飼料による再検討が望まれる。ツヅリガの1種 *Corcyra cephalonica* の幼虫の生育には飼料中にビオチンを欠くとリノール酸が必須となる²⁴⁾が、羽化に対する効果は未検討である。家蚕幼虫についてはリノレン酸を初めとした多くの脂肪酸がいずれも4~8mg/gの濃度で発育促進効果が認められているが²⁵⁾、不飽和脂肪酸の羽化に対する効果は未検討である。またマダラメイガの1種 *Ectomyelois ceratoniae*²⁶⁾とアワノメイガ^{27,28)}ではその人工飼料中の大豆油をステロールとリノール酸で置き換えようというが、この脂肪酸の必要性についての明確なデータはない。さらにニカメイチュウの場合人工飼料中に脂肪または脂肪酸を加えると発育は悪くなる。とくにリノレン酸には強い発育阻害作用が認められた²⁹⁾。この場合の使用濃度は0.2~2.0 mg/gであるので前ページの表のデータから見てもとくに高すぎる濃度とは考えられない。脂肪酸の毒作用は数種の昆虫について知られており、いずれも接触的作用による発育阻害がカマドコオロギ、コオロギの1種 *Acheta domesticus*、ホシカメムシの1種 *Pyrhocoris apterus* などで知られて

いる。とくに低級脂肪酸の毒作用は強力でありこれを食品に添加して貯殺害虫の駆除に用いることが提案されているほどである。高級脂肪酸の昆虫における栄養要求試験にあたっては飼料に添加する脂肪酸の形態が重要であろう。遊離型、エステル型、あるいはグリセリド型ではそれぞれの作用の様子に差異があることが推測される。

III

鱗翅目と食植性直翅目昆虫の多くの種に見られる成虫羽化に対する不飽和脂肪酸要求、鞘翅目などに見られる幼虫の発育や産卵の面での脂肪酸要求に対して、多くの双翅目や膜翅目の昆虫では脂肪酸は必要としないと考えられる。また半翅目のアブラムシでは最近脂肪酸ばかりでなくステロールも人工飼料中に加える必要のないものがあること(モモアカアブラムシ)がわかった。しかし、アブラムシの場合は共生微生物の役割が大きいであろうことを考慮する必要がある。

以上に述べてきたとおり、昆虫の脂肪酸要求はその欠乏症のいちじるしく明瞭なことからリノール酸やリノレン酸の成虫羽化に対する効果において一つの焦点を形づくっていることがうかがえる。不飽和脂肪酸の栄養効果は最初 BURR & BURR (1929, 1930) によってネズミについて発見された。それ以来、動物における不飽和脂肪酸の生理的役割と代謝に関しては主としてネズミについて多くの人々が精力的に研究を続けており、いろいろな知見が蓄積されつつあるが、いまだ最終的な結論が得られているとはいえない。ここで注意すべき点はネズミと昆虫では明らかに不飽和脂肪酸に対する要求性が違うことである。したがってネズミについての知見がそのまま昆虫にもあてはまるというわけにはゆかない。ともかく昆虫の場合にはやっと不飽和脂肪酸を要求する種があることがわかってきた段階である。不飽和脂肪酸を要求する昆虫ではこれを生体内で合成できないということがわかってきているが、これを要求しない昆虫では合成できるともできないともいわれている。いずれにしてもその詳細は不明である。また、どのような機構によって成虫の羽化という現象に不飽和脂肪酸が関与しているのか、その解明は今後の大きな課題である。

文 献

- 1) FRAENKEL, G. & M. BLEWETT (1946) : J. Exptl. Biol. 22 : 172~190.
- 2) ——— & ——— (1947) : Biochem. J. 41 : 475~478.
- 3) VANDERZANT, E. S., D. KERUR & R. REISER (1957) : J. Econ. Ent. 50 : 606~608.
- 4) ——— (1968) : Ann. Ent. Soc. Amer. 61 : 120~125.
- 5) DADD, R. H. (1961) : J. Insect Physiol. 4 : 319~347 ; 6 : 126~145.
- 6) ——— (1964) : ibid. 10 : 161~178.
- 7) ROCK, G. C., R. L. PATTON & E. H. GLASS (1965) : ibid. 11 : 91~101.
- 8) ——— (1967) : J. Econ. Ent. 60 : 1002~1005.
- 9) LEVINSON, H. Z. & A. NAVON (1969) : J. Insect Physiol. 15 : 591~595.
- 10) TAMAKI, Y. (1961) : Jap. J. Appl. Ent. Zool. 5 : 58~63.
- 11) CHIPPENDALE, G. K., S. D. BECK & F. M. STRONG (1964) : Nature 4959 : 710~711.
- 12) KONO, Y. (1968) : Appl. Ent. Zool. 3 : 96~98.
- 13) DAVID, W. A. L. & B. O. C. GARDINER (1966) : Bull. Ent. Res. 56 : 581~593.
- 14) 釜野静也 (1964) : 応動昆 8 : 340~342.
- 15) ——— (1965) : 同上 9 : 133~135.
- 16) VANDERZANT, E. S. & C. D. RICHARDSON (1963) : J. Insect. Physiol. 10 : 267~272.
- 17) EARLE, N. W., B. SLETTEN & M. L. BURKS, Jr. (1967) : ibid. 13 : 187~200.
- 18) DAVIS, G. R. F. (1967) : Rev. Canad. Biol. 26 : 119~124.
- 19) MEIKLE, J. E. S. & J. E. McFARLANE (1965) : Canad. J. Zool. 43 : 87~98.
- 20) GORDON, H. T. (1959) : Ann. N. Y. Acad. Sci. 77 : 290~351.
- 21) HOUSE, H. L. (1954) : Canad. J. Zool. 32 : 358~365.
- 22) ——— & J. S. BARLOW (1960) : J. Nutrition 72 : 409~414.
- 23) PEPPER, J. H. & E. HASTINGS (1943) : Montana Exp. Sta. Bull. 413 : 1~36.
- 24) UBEROI, N. K. (1956) : J. Zool. Soc. India 8 : 85~90.
- 25) 伊藤智夫・中曾根正一 (1966) : 蚕試報告 20 : 375~391.
- 26) LEVINSON, H. Z. & S. GOTHIFF (1965) : Rivista di Parassitologia 26 : 19~26.
- 27) BECK, S. D., J. H. LILLY & J. F. STAUFFER (1949) : Ann. Ent. Soc. Amer. 42 : 483~496.
- 28) ——— (1950) : Physiol. Zool. 23 : 353~361.
- 29) HIRANO, C. (1963) : Jap. J. Appl. Ent. Zool. 7 : 59~62.

昆虫の炭水化物要求

農林省蚕糸試験場 堀江保宏

昆虫は食性に依じて選択的に種々の食物を摂取するが、食物中の炭水化物を生活反応の熱源として利用し、また体内における脂質やタンパク質合成の組材として利用している点で共通している。しかし一部の昆虫では例外的に炭水化物を栄養的に要求しない場合もあることも報告されている。昆虫の栄養上必須のアミノ酸やビタミン類などの場合では、どの1種が欠如しても成長がいちじるしく阻害されるのであるが、炭水化物の場合にはこのようなきびしい必須性は示さない。すなわち昆虫の成長には栄養価の高い炭水化物が少なくとも1種類あれば、十分その要求を満たすことができるようである。栄養的意義のほかに、炭水化物のある種のもは昆虫の摂食をいちじるしく促進する事実が種々の昆虫で認められ、炭水化物の栄養価と摂食促進効果とを対比的に研究した報告もあるが(たとえば HASSETT et al., 1950)¹⁾、ここでは以下とくに栄養的意義に限って記述したい。

昆虫の成長に対する炭水化物の栄養的効果に関する既報の諸結果を第1表にまとめた。これらの結果はいずれも炭水化物水溶液を昆虫に与えてその生存期間を比較したり、合成飼料を用いて炭水化物の栄養価を判定したものが多し。これらの結果を通覧するとまず炭水化物の種類によって栄養価が異なること、また食性を異にした種類の昆虫間においても、炭水化物の要求性には必ずしも特徴的な相違があるわけではないことに気づく。一般にペントース類は昆虫に対して栄養価が低いが、一部の昆虫ではキシロースを比較的好く利用しており、とくに *Apis* ではペントースの利用率が比較的高いようである。これに対しヘキソース類は一般に栄養価が高く、その中でもグルコース、フラクトースはほとんどすべての昆虫にとって有効である。しかしヘキソースのうちでもソルボースだけは全く栄養価を示さない。ガラクトースとマンノースとはその中間に属すると考えられ、グルコースおよびフラクトースの栄養価にははるかに及ばないが、直翅目、鱗翅目、双翅目などに属する昆虫で比較的好く利用されている。なお第1表には単に炭水化物の利用の有無を示し、その程度に関しては示していないが、その利用率は昆虫の種類によって多少の相違がある。

二糖類はいずれの昆虫もよく利用するが、とくにシュウクロース、マルトースの利用率は高く、この事実は天然の昆虫の食物中にこれらの糖が普通見出されることと

関係があるように思われる。前記2者に比べてセロビオースやラクトースの利用率は比較的lowく、ある種の昆虫ではこれらの糖をほとんど利用しない場合すらある。以上二糖類の栄養価は後述するように、これらの糖を加水分解する消化酵素の活性に強く依存しており、また同時に二糖類を構成するヘキソースの栄養価にも依存している。三糖類のラフィノースとメレチトースはよく昆虫に利用される。多糖類のうちセルロースとイヌリンはほとんどの昆虫によって利用されずに排泄される。したがってこの事実を利用して、食物および排泄物中のセルロースと他の成分の比率を求めることにより、各成分の消化率を測定している場合もある¹⁴⁾。デキストリン、スターチ、グリコーゲンの利用率は、グルコース、シュウクロースなどの場合に比べて低く、昆虫の種類によっては全く利用できないものもある。家蚕では系統によってアミラーゼ活性にいちじるしい差があり、その形質はメンデルの遺伝法則に従って遺伝する。アミラーゼの活性を欠く系統では全く多糖類を利用しない^{15,16)}。配糖体の α -メチルグルコシド、 α -メチルマンノシドは一般に利用されていない場合が多いが、双翅目(ハエ)では α -メチルグルコシドを非常によく利用することが知られている。糖アルコールの中で昆虫がよく利用するのはソルビトールでその利用率はグルコース、シュウクロースの場合に匹敵するが、他の糖アルコールの栄養価はきわめて低く、グリセロール、マンニトールにわずかに栄養価の認められる場合がある。

以上各種の炭水化物の栄養価は、昆虫によって摂取された炭水化物が、消化系における消化、吸収、さらに血液内に移行したのちの代謝程度などの決算として現われる結果であることはいうまでもない。

炭水化物のうち単糖類はなんらの消化を必要とせず消化管組織へ吸収されるのは当然であるが、ワモンゴキブリ *Periplaneta* やバッタの1種 *Schistocerca* (TREHERNE, 1967)¹⁷⁾ を用いて吸収を検討した結果、単糖類は中腸前部で吸収され、その吸収速度の律速は皮膜細胞における炭水化物の透過速度に依存するよりは、Crop (嚥嚢) から中腸への内容物の移動速度にあるといわれている。in vitro の結果によれば、クロバエ *Phornia regina* の中腸におけるグルコースの吸収速度は $0.15 \mu \text{mole}/\text{min}$ であるが、Crop よりの内容物の移動を制限するとその速

第1表 昆虫に対する各種炭水化物の栄養価 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

炭水化物の種類		昆虫の種類		A				B				C				D			E					F
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18					
単糖類	5 炭糖																							
	リボース		-	-	-																			
	アラビノース		+	-	±																+			
	キシロース			-	-																	+		
	ラムノース			-	-	±																±		
	フコース					+	+	-														-		
	6 炭糖		+	+	+	+																+		
	グルコース		+	+	+	+																+		
	フラクトース		+	+	+	+																+		
	ガラクトース		+	+	±																	±		
マンノース			+	+	±																±			
ソルボース			-	-	-																-			
二糖類	シュウクロース		+	+	+																+			
	マルトース		+	+	+																	+		
	ラクトース		+	+	+																	+		
	トレハロース			+	+	+																+		
	メリビオース			+																		+		
	セロビオース			-																		+		
三糖類	ラフィノース			+																		+		
	メレチトース			+																		+		
多糖類	セルロース		-																			-		
	デキストリン				+	+																+		
	スターチン		+		+	+																+		
	グリコーゲン																					+		
配糖体	α-メチルグルコシド																					+		
	α-メチルマンノシド																					+		
糖アルコール	グリセロール			+	-	±																+		
	マンニトール			+		±																+		
	ソルビトール			+																		+		
	ドルシトール			-																		+		
	エリスリトール			-																		-		
	イノシトール			-																		-		

A : Isoptera, B : Orthoptera, C : Coleoptera, D : Lepidoptera, E : Diptera, F : Hymenoptera, 1 : *Zootermopsis angusticollis* HAGEN (レイビシロアリの1種), 2 : *Blattella germanica* L. (チャバネゴキブリ), 3 : *Locusta migratoria* L. (飛蝗), 4 : *Schistocerca gregaria* FORSK. (サバクイナゴ), 5 : *Tribolium confusum* L. (コクヌストモドキ), 6 : *Stegobium paniceum* L. (ノコギリヒラタムシ), 7 : *Oryzaephilus surinamensis* L. (ヒラタムシ), 8 : *Tenebrio molitor* L. (チャイロコメゴミムシダマシ), 9 : *Chilo suppressalis* WALKER. (ニカメイガ), 10 : *Bombyx mori* L. (カサネガ), 11 : *Philosamia cynthia ricini* (エリサン), 12 : *Calliphora erythrocephala* MEIG. (クロバエの1種), 13 : *Phormia regina* MEIG. (クロバエの1種), 14 : *Anastrepha ludens* LOEW. (ハマダラバエの1種), 15 : *Musca domestica* L. (イエバエ), 16 : *Aedes aegypti* L. (ネッタイシマカ), 17 : *Apis mellifera* L. (ミツバチ), 18 : 17 の幼虫.

度がいちじるしく減少した。昆虫の血糖はトレハロースである場合が多いが、消化管内腔より吸収されたグルコースを、体腔側でトレハロースにする機序(脂肪組織に存在する)のあることが、中腸組織の内腔および体腔側のグルコースの濃度勾配を高める役割を果たし、グルコースの吸収速度を速める点で有効であろうとする説もある。しかし *Agria affinis* (ニクバエ) の場合のように、

血糖の大部分がグルコースであるような場合について説明不十分と思われる。また *Schistocerca* や *Phormia* を用いた実験結果によれば、哺乳動物の腸におけるグルコースの active transport を阻害する薬剤によっても、昆虫のグルコースの吸収を阻害できなかったの、昆虫の中腸でのグルコースの吸収が active transport であるのかどうか結論は得られていない。昆虫で単糖類の種類によ

って栄養価が異なるのは、これらの物質の吸収の可否、程度によっているという説もあったが、現在のところ否定的な結果が得られている。家蚕を用いて測定すると、栄養価の低いペントースや糖アルコール、メチル配糖体などもよく吸収され血液内に移行することがわかっている。

少糖類（二、三糖類）や多糖類、配糖体の栄養価は各種昆虫の消化系における炭水化物分解酵素の活性に強く依存することについて前に指摘したが、家蚕では消化管内腔は強アルカリ性であり、消化管内腔にはアルカリ性で高い活性を示すアミラーゼが認められる。一方消化管の組織内には弱酸性あるいは中性で活性の高い各種少糖類分解酵素がある。このような少糖類分解酵素群はいずれも強アルカリ性ではほとんど活性を示さないで、これらの酵素は消化管内腔へ分泌されて少糖類を分解するのではなく、細胞内酵素として、消化管組織へ吸収された少糖類を組織内で消化すると思われる¹⁹⁾。一方多糖類は消化管内腔に分泌されたアミラーゼによってマルトースあるいはそれに準ずる少糖類にまで分解されてから、消化管に吸収され、細胞内酵素によって引き続いて分解されグルコースにまでいたる。2, 3の昆虫についてその消化系に認められた炭水化物分解酵素の活性を第2表に比較した。第2表から各酵素の活性の強さは比較できないが、一般に昆虫ではシュウクロース分解酵素の活性は強く、セロピオースやラクトースの分解酵素活性は比較的弱い。*Sarcophaga* や *Musca* などの例からこれらの昆虫では幼虫期よりも成虫期に炭水化物分解酵素の種類が増加することがわかる。個々の炭水化物分解酵素の性状に関する比較的詳細な研究もあるが、その中でもシュウクロース分解酵素(インベルターゼ)の性質に関して、この酵素が α -グルコシダーゼであるのか、あるいは β -

フラクトシダーゼであるのかに関して 2, 3の研究がある¹⁹⁾。双翅目昆虫(ハエ)は α -メチルグルコシド分解酵素をもち、この配糖体自身も栄養価が高いが、 β -メチルフラクトシドの栄養価はほとんどない⁹⁾。また酵素のトランスグルコシド反応を利用して、昆虫のインベルターゼは α -グルコシダーゼによるという報告もあるが、またある種の昆虫では β -フラクトシダーゼである場合も知られている。また第2表に示されているように、ある種の昆虫では消化系にイヌリン分解酵素があるにもかかわらず、イヌリンを利用できない。このように一見矛盾するような事実は、イヌリン分解酵素が細胞内酵素として存在し、ほとんど内腔へ分泌されないために、内腔で分解されないイヌリンが吸収されないためであると解釈される。

以上昆虫の炭水化物の利用率と、炭水化物分解酵素との関係について述べたのであるが、植物を摂食する昆虫が、実際に植物中の炭水化物をどの程度に消化利用しているかについて、2, 3の例を第3表に示してみる。

還元糖および非還元糖(主としてシュウクロース)のような少糖類の消化率はいずれの昆虫でも非常に高いが、スターチのような多糖類の消化率は昆虫の種類によっていちじるしく異なっており、ゴミムシ *Tenebrio* のように穀類を主食とする昆虫において、スターチの消化率が高い。このように貯穀害虫で一般的にもし多糖類の消化率が高いならば、炭水化物利用と食性に関して興味ある相関が成りたつかももしれない。次に消化管組織を透過した炭水化物が体腔内に移動したのち、どのような過程を経て利用されるかについてふれる必要があるように思われる。桑名(1937)²⁰⁾は家蚕にグルコースを与えて、以後血液の糖水準を経時的に測定した結果、摂食直後のグルコースの増加は短時間に復元し、グルコースに

第2表 各種昆虫の炭水化物分解酵素 9, 10, 18, 20)

昆虫の種類	基 質														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
マメゾウムシの1種 <i>Callosobruchus chinensis</i>		+	+	+	+	±	+	+		+	+	+	-	-	
ツチハンミョウの1種 <i>Epicauta gorhami</i>		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	±	-	
カイコガ <i>Bombyx mori</i>		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	-
クスサン <i>Dictyoploca japonica</i>		+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	-
クロバエの1種 <i>Calliphora erythrocephala</i>		+	+	+	+	-	-	+	+		+	-	-	-	+
ネッタインマカ <i>Aedes aegypti</i>		+	+	+	+	-	-	+	+		+	+	+	-	-
ニクバエの1種 <i>Sarcophaga bullata</i> LARVA		+	-	-	-	-	-	-	±		±	±	-	-	
ADULT		+	+	+	-	-	-	+	+		+	+	+	-	+
イエバエ <i>Musca domestica</i> LARVA		+	-	-	-	-	-	-	-		±	-	±	-	-
ADULT		+	+	+	-	-	-	+	+		+	+	+	-	+

1: シュウクロース, 2: マルトース, 3: トレハロース, 4: メリピオース, 5: ラクトース, 6: セロピオース, 7: ラフィノース, 8: メレチトース, 9: デキストリン, 10: スターチ, 11: グリコーゲン, 12: イヌリン, 13: セルロース, 14: α -メチルグルコシド.

第3表 天然の食物を摂食した場合の各種炭水化物の消化率²¹⁾

		消化率				
		還元糖	非還元糖	全糖	デンプン	デンプン および 全糖
カイコガ <i>Bombyx mori</i> HIRATSUKA (1917)	クワ <i>Morus alba</i>	93%	95%	94%	33%	42%
ヒメヒオドシ <i>Aglais urticae</i> EVANS (1939)	イラクサ <i>Urtica dioica</i>	50	73	65	9	38
ニカメイガ <i>Chilo suppressalis</i> HIRANO & ISHII (1962)	Autoclaved rice stem	63	96	87	54	61
オビカレハ <i>Malacosoma neustria</i> EVANS (1939)	ヤナギ <i>Salix viminalis</i>	64	88	76	35	68
シャチホコガの1種 <i>Phalera bucephala</i> EVANS (1939)	ハシバミ <i>Corylus avellana</i>	74	93	78	0	46
シロチョウ <i>Pieris brassicae</i> EVANS (1939)	Young cabbage	58	62	59	0	29
ヨトウ <i>Prodenia eridania</i> CROWELL (1941)	ツルコケモモ <i>Phaseolus vulgaris</i>	56	99	85	0	65
チャイロコメゴミシダマシ <i>Tenebrio molitor</i> EVANS & GOODLIFFE (1939)	Wheat bran	53	95	94	59	54

代わって非還元性の少糖類が血液中に増加することを認めた。その後この非還元糖が何であるかについて 20 年間も未知のまま放置されていたのであるが、WYATT & KALF (1956)²³⁾はこの物質がトレハロースであると同定することができ、家蚕以外にも多くの昆虫にこの糖が分布していることを見出したのである。その後この糖が脂肪組織で生合成されること、また脂肪組織に高濃度に蓄積されているグリコーゲンの水準とトレハロースの水準が密接な関係にあることなどが次々に報告された²⁴⁾。結論的に述べると、たとえば昆虫が運動し筋肉収縮が起こる場合、そのエネルギーは血液のトレハロースによって補給されると考えられる。筋肉には血液のトレハロースを取り込み、分解およびリン酸化して自身の解糖代謝系へと組み込んでゆくメカニズムが存在する。解糖系一呼吸系の一連の代謝過程で解放されたエネルギーは結局 ATP の形として蓄積され、筋肉のミオシン ATP アーゼによって機械的エネルギーとなるわけであるから、血液のトレハロース水準は昆虫の飛行行動などを強く制御している (CLEGG and EVANS, 1961)²⁵⁾。しかし実際にはトレハロースの消耗によって血液のトレハロース水準はただちに低下せず、脂肪組織グリコーゲン→血液トレハロースの変化によって、比較的安定状態に保たれているようである。すなわち昆虫においても哺乳動物に認められているようなホメオスタシスによる血糖水準の調節機

構がある。そのメカニズムに関しては詳細に述べないが、とにかく以上の事実を総合すると、昆虫の脂肪組織グリコーゲンと血液トレハロースのプールが異化的代謝に対する炭水化物の供給源となっており、摂取した食物中の炭水化物は一応多かれ少なかれ両プールに蓄積されて利用されると考えられる。したがって炭水化物の栄養価とは、摂取した炭水化物が両プールにどの程度取り込まれるかによって決まるのではなからうか。家蚕において摂取した炭水化物の種類と体内のグリコーゲンおよびトレハロース合成量との関係を第4表に示した。また同時に炭水化物の栄養価を比較した。各炭水化物のグリコーゲンとトレハロースへの利用率は大体において一致しており、この傾向はまた栄養価とも一致している。単糖類中で利用されないペントース類やソルボースなどは血液中に移行したのちに変化することなく、高濃度に血液中に蓄積されている。いわば正常な炭水化物代謝系のわく外に放置されているのである。単糖類がグリコーゲンやトレハロースに生合成される最初の段階は、これらの糖が ATP のリン酸と反応して糖のリン酸エステルを形成し、このリン酸エステルはイソメラゼの作用によってグルコース-6-リン酸として形成されなければならない。したがって単糖類のグリコーゲン、トレハロースへの利用率には、結局上記2反応の基質特異性とその効率とが関与している。しかしながら昆虫で単糖類の種類とこれ

第4表 家蚕の脂肪組織グリコーゲン、血液トレハロース水準に及ぼす各種炭水化物の影響と栄養価との比較^{6,26)}

摂取した炭水化物		脂肪組織 グリコー ゲン	血液 トレハ ロース	栄養 価
単糖類	アラビノース	2	1	—
	キシロース	22	13	±
	リボース	2	-6	—
	ラムノース	7	10	—
	グルコース	100	100	+
	フラクトース	83	67	+
	マンノース	13	35	+
二糖類	ガラクトース	9	13	+
	ソルボース	1	8	—
	シュクロース	112	93	+
	マルトース	93	86	+
	セロビオース	87	87	+
三糖類	メリビオース	20	48	+
	トレハロース	39	43	+
	ラクトース	34	60	+
	ラフィノース	52	67	+
配糖体	メレチトース	47	58	+
	α-メチルグルコシド α-メチルマンノシド	1 -3	-1 1	- -
糖アルコール	ソルビトール	102	57	+
	マンニトール	8	±	+
	イノシトール	-2	—	+
	ドールシトール	-1	—	—
	エリスリトール	-2	—	—
多糖類	スターチ	19	+	+
	デキストリン	5	+	+
	グリコーゲン	5	+	—
	イヌリン	0	—	—

各数値はグルコースの場合に対する比数で表わした。

らの反応速度との関係を直接的に測定した例はほとんどない。

平塚 (1917)²⁷⁾ の研究によれば家蚕では消化された炭水化物の約 70% が消費され、この割合はタンパク質の 8.5% に比べていちじるしく高い。もっとも 70% のすべてが酸化されているのではなく、その相当部分が脂質などの生合成に利用されている。すなわち脂質では、消化脂質量の約 2 倍量が幼虫体内に蓄積されている。最近放射性同位元素を用いてグルコースから脂肪酸エステルが形成される事実が確認され、体内の脂肪酸のうちとくにオレイン酸とパルミチン酸の生合成がさかんであることがわかった。またこのような事実は家蚕以外の昆虫でも 2, 3 報告がある。脂質の生合成以外にも、非必須アミノ酸 (アラニン, セリン, グリシンなど) が、炭水化物の中間代謝物であるケト酸のトランスアミネーション

第5表 動植物性飼料のタンパク質、可溶性無窒素物含量と相互比率

	粗タンパク質 (A) (乾物重当たり%)	可溶性無窒素物 (B) (乾物重当たり%)	A/B
魚粉(イワシ)	60.5	6.0	10.10
〃(ニシン)	65.0	2.8	23.20
乾燥 蛹	46.4	6.8	6.80
ヨモギ	18.3	45.0	0.41
ナンゴ	14.5	50.5	0.29
ハコベ	20.2	44.3	0.46
オオバコ	15.7	50.0	0.31
アルファコ	21.2	40.0	0.53
ダイコン	24.5	46.2	0.53
カクブ	21.1	48.5	0.43
クワ	24.2	54.4	0.45
カンク	20.4	53.5	0.38
青刈エンバク	18.0	41.4	0.44
〃オムギ	21.5	41.2	0.52
〃イネ	6.4	31.0	0.21
〃トウモロコシ (出穂期)	9.8	49.7	0.20
〃ダイズ	14.4	42.9	0.34
コムギ	14.2	78.6	0.18
トウモロコシ	10.1	80.0	0.13
玄米	8.5	88.0	0.10
ダイズ	42.2	27.2	1.55
ワタ	24.9	28.4	0.88

によって合成される事実が、¹⁴C グルコースを用いて証明されている。またこの事実を利用して ¹⁴C グルコースを用いて、各アミノ酸への ¹⁴C の取り込み量からアミノ酸の必須性を検討した場合も報告されている²⁸⁾。

最後に昆虫の成長は炭水化物の量と同時に、飼料中の炭水化物とタンパク質の比率によっていちじるしく影響されることを指摘したい。ニカメイチュウ²⁹⁾や家蚕³⁰⁾において認められたところによれば、飼料中のタンパク質量が炭水化物量に大体等しいか、あるいはやや高い場合に良い成長を示すが、タンパク質の量が炭水化物量より少なくなると成長は急激に低下することが知られている。またタンパク質量が高まると昆虫体内の窒素化合物量が増加し、炭水化物量が高まると脂質量が増加した。以上の事実は昆虫の成長には飼料中の炭水化物の一定量が必要であると同時に炭水化物以外の成分と炭水化物とが良い量的バランスを保持していることが非常に重要であることを示唆している。第5表に昆虫の飼料と考えられる天然物質に関して、タンパク質含量および可溶性無窒素物含量 (茎葉ではその約 1/2 が炭水化物と考えられる) を示した。これらの値から、動物性飼料、植物茎葉および穀類などでタンパク質 / 可溶性無窒素物の比率がいちじるしく異なっていることがわかる。しかしながら

これらの飼料をそれぞれ摂食する昆虫が必ずしもその食物の比率に合致して最適成長を示すか否かについてまだ不明の点が多いように思われる。以上述べたように昆虫に対する炭水化物の栄養に関して一応の知見は得られてはいるものの、まだ未知の点が多く、今後は栄養生化学的立場で研究が進められるであろうと考えられる。

文 献

- 1) HASSETT, C. C., DETHIER, V. G. and GANS, J. (1950) : Biol. Bull. 99 : 446.
- 2) ALBRITTON, E. C. (1955) : Standard values in nutrition and metabolism (ALBRITTON, E. C., Ed., W. P. SAUNDERS Co., Philadelphia, Penna., 25.)
- 3) LIPKE, H. and FRAENKEL, G. (1956) : Ann. Rev. Entomol. 1 : 17.
- 4) HOUSE, H. L. (1965) : Insect nutrition (Physiology of Insecta II, Ed. M. ROCKSTEIN, Acad. Press).
- 5) HIRANO, C. and ISHII, S. (1957) : Bull. Natl. Inst. Agr. Sci. 7 : 89.
- 6) 伊藤智夫・田中元三 (1961) : 蚕糸試験場報告 16 : 267.
- 7) 松岡道夫 (1965) : 同上 19 : 499.
- 8) DADD, R. H. (1960) : J. Insect Physiol. 5 : 301.
- 9) FRAENKEL, G. (1940) : J. Expt. Biol. 17 : 18.
- 10) GALUN, R. and FRAENKEL, G. (1957) : J. Cellular Comp. Physiol. 50 : 1.
- 11) PHILLIPS, E. F. (1927) : J. Agr. Res. 35 : 385.
- 12) VOGEL, B. (1931) : Z. vergl. Physiol. 14 : 273.
- 13) BERTHOLF, L. M. (1927) : J. Agr. Res. 35 : 429.
- 14) KASTING, R. and MCGINNIS, A. J. (1965) : J. Insect Physiol. 11 : 1253.
- 15) 松村季美 (1934) : 長野県蚕試報告 28 : 1.
- 16) MUKAIYAMA, F., HORIE, Y. and ITO, T. (1964) : J. Insect Physiol. 10 : 247.
- 17) TREHERNE, J. E. (1967) : Ann. Rev. Entomol. 12 : 43.
- 18) 堀江保宏 (1959) : 蚕糸試験場報告 15 : 365.
- 19) AUCLAIR, J. L. (1963) : Ann. Rev. Entomol. 8 : 439.
- 20) 小池久義 (1954) : 動物学雑誌 63 : 228.
- 21) WALDBAUER, G. P. (1968) : Advances in Insect Physiol. 5 : 229 (Ed. BEAMENT, J. W. et al. Aca. Press).
- 22) 桑名寿一 (1937) : 蚕糸試験場報告 9 : 35.
- 23) WYATT, G. R. and KALF, G. F. (1956) : Fed. Proc. 15 : 388.
- 24) ——— (1967) : Advances in Insect Physiol. 4 : 287 (Ed. BEAMENT, J. W. et al. Aca. Press).
- 25) CLEGG, J. S. and EVANS, D. R. (1961) : J. Expt. Biol. 38 : 771.
- 26) 堀江保宏 (1961) : 蚕糸試験場報告 16 : 287.
- 27) 平塚英吉 (1917) : 同上 2 : 67.
- 28) KASTING, R. and MCGINNIS, A. J. (1958) : Nature 182 : 1380.
- 29) ISHII, S. and HIRANO, C. (1957) : Jap. J. Appl. Entomol. Zool. 1 : 75.
- 30) 伊藤智夫・田中元三 (1962) : 蚕糸試験場報告 18 : 1.

新 刊 図 書

日本の植物防疫

— 現況と問題点 —

堀 正侃 編・監修
石倉 秀次

A 5判 399 ページ
美装幀・上製本・箱入

実費 1,500 円 千 90 円

目 次

I 総 論

わが国における近代植物防疫の発展と現況
病虫害発生予察 植物検疫 農薬の現況
土壌病虫害防除の現況 野鼠防除の現況
貯穀病虫害防除の現況 防除機械の現況
航空防除の現況

II 主要作物の病虫害防除の現況

イネ 野菜 イモ類
ムギ・雑穀・マメ類 果樹 特用作物
クワ 林木

付 録

植物防疫法 農薬取締法
対象病虫害別使用薬剤一覧表

ご注文は現金・振替・小為替で直接本会へお申込み下さい。

昆虫のステロイド要求

京都大学農学部農薬研究施設 石井象二郎

昆虫の栄養要求で、哺乳類と最も違う点の一つは、ステロールであろう。昆虫は種類が多く、寄主もきわめて広い範囲に及んでいるが、栄養要求が解明されると、非常に異なった寄主に寄生しているにもかかわらず、必須の栄養素は互いにきわめて類似し、さらに高等動物のそれとも似ている。ところが昆虫に共通して、高等動物の栄養要求と異なっているのは、生体内でステロールを生合成することができないため、寄主からステロールを供給されなければ、成育し得ないことである。ステロールは昆虫の成育にとって欠くことのできない栄養素であるが、その役割について十分な説明ができていなかった。最近になって昆虫の変態(脱皮)ホルモン ecdysone がステロイドであることが証明され、昆虫とステロイドとの関係も新しい段階に入ったといえよう。本文では昆虫の栄養素としてのステロールの発見から、現在に至る研究の発展を述べたい。

I 栄養素としての発見

昆虫の成育にステロールが飼料中に必要であることを最初に発見したのは HOBSON (1935) である。彼はクロバエの 1 種 *Lucilia sericata* の幼虫が牛肉の酵素分解物をエーテル抽出で抽出した残渣で育たないが、これにコレステロール(I)を加えれば幼虫が再び育つようになることを見出した。ほぼ同じころショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* でも同様な事実を VAN'T HOOG (1935) によって見出されている。これらのはっきりした結果を得る以前に、ステロールの要求を暗示するような研究があった。たとえば RICHARDSON (1926) はコナマダラメイガ *Ephesia kuehniella* の幼虫を、クロロホルムで抽出したコムギ粉で飼育すると育たないが、これに再びクロロホルム抽出物を戻すか、あるいは卵黄のエーテル抽出物を加えると、幼虫が育つようになることを見た。彼はコムギ粉、卵黄の抽出物中にはビタミンAと似た成育必須物質があると考えたが、それがステロールであると気づかなかつた。コレステロールの化学構造が決定されたのは 1932 年である。

HOBSON の発見以来、いろいろの昆虫でステロールの要求が検討されたが、昆虫の種類、食物の種類を問わず、ほとんど例外なく食物中に含まれていることが必要であった。

II ステロールの要求量

昆虫が成育するのに、どれくらいステロールを要求するであろうか、アズキゾウムシ *Callosobruchus chinensis* の幼虫はアズキのエーテル抽出残渣では育たないが、これにコレステロール、 β -シトステロール(V)あるいはステイグマステロール(W)を加えると育つようになる。抽出残渣にコレステロールを種々の割合で混じて飼育試験を行なうと、コレステロールの含量は約 0.02~5% で育ち、0.03~0.5% でとくによく育った。

チャバネゴキブリ *Blattella germanica* でコレステロールの要求量を調べた NORLAND (1954) の結果は、0.05% まで体重はほぼ直線的に増加するが、それ以上加えてもいちじるしい増加は認められず、0.05% が最低適量である。

食物中に含まれるコレステロールの量がかかなり高くてもとくに悪影響が認められない。イエバエでは飼料 1g 当たり 50 μ g が最低必要量であり、150mg を加えても悪影響が認められない (LEVINSON ら, 1957)。ニカメイガ幼虫では 0.1~1.3% コレステロール含量で幼虫の成育がよく、5~17% を含んでも幼虫が悪影響のため死亡することがない。ニカメイガ幼虫の場合、17%コレステロール含有の人工飼育では、表面にコレステロールの結晶が析出している。幼虫の摂食行動から、コレステロールを除いて摂取するとは考えられない(石井ら, 1961)。

コレステロールの要求量を調べてみると、いずれの昆虫でもかなり高い濃度であり、さらに多く含まれていても死亡するほど悪影響が認められない。このように多量のステロールを要求することは、体内で生合成することができず、またビタミンのような役割と違った作用を果たしていると推察される。

III コレステロールの昆虫体内での分布と排泄

食物の一部として摂取されたかなり多量のコレステロールは、体内のいかなる器官、組織に分布し、それがどのように代謝されるであろうか。CASIDA ら (1957) はワモンゴキブリの各組織でのコレステロールを定量したところ、どの組織にもそれが分布していた。筆者らは¹⁴C-コレステロールを同種の雄に注射し、20日間にわたって各組織での消長を調べた。その結果各組織に放射能

が検出され、20 日後においても注射した放射能の 80% が体内に保持されていた。そしてこの放射性物質はほとんど遊離のコレステロールであり、一部はエステルとして存在した。中腸や後腸では一部が極性の高いステロイドとなっており、これが徐々に排泄される。この極性の高いステロイドは同定できていない。哺乳動物の糞で発見されたコプロステロール (A 環 : B 環 *cis*) は昆虫の糞では認められていない。

これらの実験より コレステロールは体内の特定の器官、組織に分布しているものではなく、調べたいずれの組織にも存在しており、しかも大部分未変化のまま長期間保持される。核の開裂というようないちじるしい代謝は行なわれない。もちろん分解後炭酸ガスとなることもない。

IV 生 合 成

周知のように哺乳動物ではコレステロールは酢酸からメバロン酸を経て生合成される。前述のように昆虫ではステロールを食物からかなり多量に摂取しなければ成育しない。このことは生合成系がないか、あるいはきわめて弱いと考えられる。

ハラジロカツオブシムシ *Dermestes vulpinus* の幼虫を ^{14}C -酢酸ソーダあるいは ^{14}C -フラクトースを含む餌で飼育して、この虫のリピドを調べたが、放射性ステロール、スクワレンは検出されなかった。また飼料中のコレステロールの代わりに、メバロン酸、スクワレン、ラノステロールなどを加えた場合、幼虫は育たない (CLARK and BLOCH, 1959)。同じような研究はイエバエ (ROBBINS ら, 1960)、ニカメイガ幼虫 (石井ら, 1961, 1964)、カイコ (斎藤ら, 1963, 1966) でも行なわれ、いずれもこの生合成系のないことを示した。

しかし 1, 2 の例外が報告されている。シミの類 *Ctenolepisma* sp. で ^{14}C -酢酸ソーダを与えたところ、体内の組織に ^{14}C -コレステロールが生成した (CLAYTON ら, 1962)。一方、やはりシミの類 *Thermobia domestica* で ^{14}C -酢酸塩を含む飼料で飼うか、あるいはその水溶液を注射して、リピドへの取り込みを調べたところ、コレステロールにはほとんど放射能は認められなかった (KAPLANIS ら, 1963)。

多くの実験の結果は、昆虫では一般にコレステロールの生合成系がないといえよう。シミは昆虫類では下等なものであり、例外といえるかも知れない。

V 化学構造と活性

ステロイドの化学構造と昆虫の成育との関係は、コナ

マダラメイガ、コクスストモドキ、タバコシバンムシ、ハラジロカツオブシムシ (FRAENKEL ら, 1941, 1943)、アズキゾウムシ (石井, 1951)、チャバネゴキブリ (NOLAND, 1954)、イエバエ (LEVINSON ら, 1957) などで研究された。ステロイドは数多く、構造との関係は十分研究されたとはいえないが、昆虫の種類は違っても利用されるステロール誘導体には共通性がある。すなわち、(1) コレステロールほどの昆虫にとっても成育に適する。(2) 植物質を食べる昆虫では β -シトステロール (V) はコレステロールに代わりうる。(3) C-3 の -OH は必須であり、 C_{10} - CH_3 に対し *cis* 型でなければならない。(4) C-3 以外に -OH を含むステロール、たとえば 7-hydroxycholesterol は成育に適さない。(5) C-17 の側鎖は必要である。

同じステロールにおいても、ある昆虫では成育に適し、他の昆虫では不適のものがある。しかしそれぞれの昆虫での結果を比較検討する場合、供試ステロールの純度が問題となる。とくにガスクロマトグラフの発達により、ステロイドの分離同定は格段の進歩があり、従来不純物として混入していても、検出できなかったものも分離証明できるようになった。この意味で過去におけるデータはより厳密に検討してみる必要がある。

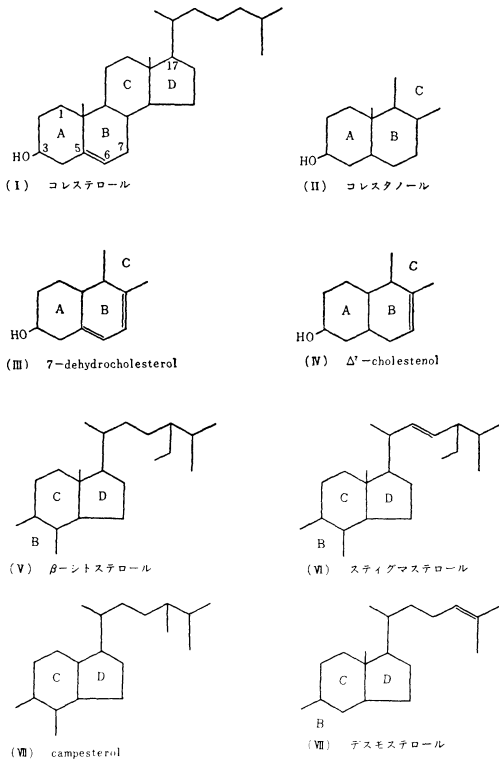
注目しなければならない事実は、肉食性の昆虫たとえばハラジロカツオブシムシでは動物性ステロールであるコレステロールは利用できるが、植物性ステロールである β -シトステロール、スティグマステロール (W) は利用できないこと、逆に食植性昆虫では両方のステロールを利用できることである。FRAENKEL (1941) は寄主の特異性をこのステロールの要求性と結び付けている。食植性昆虫では、シトステロールよりコレステロールへの転換が証明されている。

VI ステロールの代謝

すでに述べたように摂取されたコレステロールは、大部分は未変化のまま体内に長く保持される。しかし一部分は代謝されることが認められている。すなわちカイコではクワの中に含まれている β -シトステロールは体内で一部コレステロールに変わる (池川ら, 1966)。同様の結果は米ぬかで飼育したコイガの体内ステロールはコレステロールが多い。米ぬかにはほとんどコレステロールが含まれていないから、当然昆虫体内で転換が行なわれたと考えるべきである (石井ら, 1966)。 β -シトステロールによりコレステロールへの転換はデスモステロール (VIII) を経て行なわれる (SVOBADA ら, 1968)。

核の不飽和化が 1, 2 の昆虫で報告されている。すな

わちイエバエ、ココナストモドキではコレステロールの一部は 7-dehydrocholesterol (Ⅲ) に転換する (KAPLANIS ら, 1960; Beck ら, 1957)。しかしこの転換もすべての昆虫で認められるものではない。同じような実験として、チャバネゴキブリを ^{14}C -コレスタノール(Ⅱ) を含む餌で飼育すると、体内のステロールには元のコレスタノールのほかに、 Δ^7 -cholestenol (Ⅳ) が存在したことが報告されている (LOULOUDES ら, 1962)。イエバエを ^3H - β -シトステロールを含む餌で飼育し、その成虫と卵のステロールを調べたところ、90% 以上は元の β -シトステロールであり、一部は 7-dehydro- β -sitosterol であった。この転換はコレステロールより 7-dehydrocholesterol の生成と同じ機構である。コレステロールへの転換は認められなかった (KAPLANIS ら, 1963)。



これらの実験結果は、 β -シトステロール、コレスタノールなどコレステロールと構造類似のステロールはそのまま昆虫に利用されてなんらかの役割を果たしていると考えなければならない。そして一部転換されたステロールとは、別の機能を果たしているのであろう。

哺乳類では糞中にコプロステロールが存在し、これはコレステロールより転換されたものである。昆虫の排泄物中にはコプロステロールは見つかっていない。しかし

排泄物中にはより極性の強いステロイドが存在するが、その構造は不明のまま残されている。

昆虫体内で特有のステロールが発見されたという報告がある。たとえば CSMA 法で飼育されたイエバエから分離されたステロールはコレステロールや β -シトステロールと違う性状を示したので、これに muscasterol と名づけた (AGARWARL ら, 1961)。しかしこれはその後再検討された結果、CSMA 飼料に含まれている campesterol (Ⅶ) であることがわかった (THOMSON ら, 1962)。

以上のような研究結果、核の不飽和化、エステル化、C28, C29-ステロールより、C27-ステロールへの転換などが認められるが、核の開裂、C-17 の側鎖の酸化のような大きな転換は認められていない。後に述べるエクジソンの発見はこの問題に重要な意義がある。

VII ステロールの役割

ステロールの役割を考える上にきわめて示唆に富む実験が CLARK ら (1959) によって行なわれた。すでに述べたようにハラジロカツオブシムシは動物質の食品を常食としている。この虫のステロール源を β -シトステロールあるいはコレスタノールとした餌で飼育すると、幼虫は育たず死亡する。ところが、これらのステロールに微量のコレステロールを加えた餌にすると、幼虫は育つ。もちろん全量をコレステロールとすればよく育つ。微量のコレステロールが β -シトステロールやコレスタノールに加わることにより、コレステロール全量と同じ作用を示すことを、sparing action と呼んだ。

この結果はステロールには、転換されて役割を果たすものと、そのまま体の構成成分として役立つものがあり、 β -シトステロールやコレスタノールは主として後者の役割をしていると推察される。体の成分としてのステロールは、細胞膜の構成に必須成分となっていると考えられる。体内の各組織に分布し、長く保持され、しかも turnover がきわめて遅いことは、その間接的な証拠であろう。哺乳動物ではすでに膜構成成分、とくに神経の myelin sheath に多いことが知られている。

コレステロールは卵の発育に関与することが知られている。イエバエの幼虫を CSMA 法で飼育し、その成虫に脱脂ミルク+シロ糖+0.1% コレステロールの餌を与えると、そのハエの産んだ卵は正常にふ化する。ところがコレステロールを除くと卵がふ化しなくなる。このような不ふ化卵を産むハエに、コレステロールを含む餌を与えると、再びふ化卵を産むようになる (MONROE, 1960)。さらに幼虫の餌にコレステロールを加えた場合には、その成虫の卵巣の発育がよく、除くと発育が悪い。

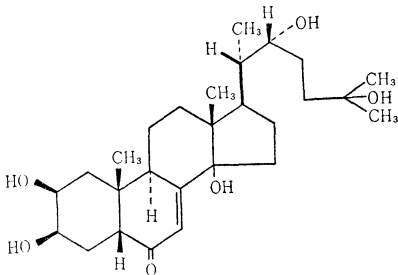
β -シトステロールでは 卵巣の発育が悪く、コレステロールの代わりとならない (ROBBINS ら, 1962)。

一方組織化学的研究によりコレステロールは昆虫表皮のタンニングに関与するという説 (DENNELL, 1954) やコレステロールが少なくなると、病原菌に対する抵抗性が弱くなるという説 (SILVERMAN ら, 1954) もあるが、なお研究を要すると思う。

カイコではステロールと脂肪酸の間で sparing action が認められている。すなわちカイコでもコレステロール、 β -シトステロールなどのステロールが必須であるが、植物油または脂肪酸を加えないと、ステロールの効果が少ない (伊藤ら, 1967)。カイコでは β -シトステロールが、咬む反応を起こさせる因子 biting factor としても作用している (浜村ら, 1961)。

VIII ステロイドホルモンの発見

1954年 BUTENANDT と KARLSON により初めて昆虫変態 (脱皮) ホルモンが分離され、これにエクジソン Ecdyson (e) と名づけられた。当時エクジソンはステロイドではないといわれていたが、その後の研究によりステロイドであることがわかり、1965年になって化学構造が下図のように決定された (HUBER ら, 1965)。



引き続き KARLSON ら (1963) は *Calliphora* 幼虫に ^3H -コレステロールを注射し、その体内から放射性エクジソンを得た。しかしその放射能は決して強いものではないが、コレステリンのごく一部がエクジソンに転換されたと考えられる。この転換が証明されたことは、前述の CLARK らの推論を裏づけるものとして重要であり、コレステロールとは構造的にかなり異なることに注目しなければならない。

変態ホルモンの構造の決定に引き続き、東北大学の竹本・中西両教授により、独立して植物中より変態活性をもつステロイドが発見された。研究が進むにつれ、多数の活性物質が見出され、それらを含む植物の種類もきわめて多い。植物から得られるこれらのステロイドは phytoecdysone と名づけられている。これらの植物を寄主としている昆虫は phytoecdysone をどのように利用しているのであろうか。一応 β -シトステロール \rightarrow デスモステロール \rightarrow コレステロール \rightarrow エクジソンという転換が証明され、納得させられた後だけに、phytoecdysone の役割に興味が持たれる。phytoecdysone がその植物を寄主としている昆虫の変態に役だっているか否か、明確な証明はされていない。ステロール源として変態ホルモンだけを加えた人工飼料では昆虫は成育しないであろう。それは既述の化学構造と成育から推察できる。

おわりに

約 20 年前、筆者がアズキゾウムシの成育にステロールが必要であることを見出した時、その特異な栄養要求に非常に興味を覚えた。戦争直後で外国文献も入らず、後になって諸外国での研究結果と比較検討するような状態であった。以来とぎれながらステロールに関する仕事を続けてきたが、最近における研究方法の進歩は、目覚ましいものがあり、従来の結果の一部を再検討する必要があるように思える。当時筆者にはステロールを昆虫のホルモンと結びつけて考えることができなかった。

昆虫のステロイドに関する問題は出そろった感じがする。しかし動的な面ではなお今後の研究を待たなければならない。それには純粋な化合物を用いた無菌的な飼育が必要である。

文献 (総合的なもののみ掲げる)

- R. B. CLAYTON (1964) : J. Lipid Res. 5 : 3.
 石井象二郎 (1964) : 化学と生物 2 : 226.
 中西香爾・是枝正人 (1968) : 化学の領域 22 : 597.
 W. E. ROBBINS (1963) : Proc. IAEA Symposium (Athene), Vienna, 269.
 F. J. RITTER, W. H. J. M. WIENTJENS (1967) : TNO-Nieuws 22 : 381.
 竹本常松・大西英爾 (1968) : 代謝 5 : 44.
 富田一郎 (1966) : 防虫科学 31 : 48.

昆虫の無機塩要求

農林省農業技術研究所 釜野 静也

昆虫が正常に発育したり増殖したりするためには、他の動物にみられると同様に、無機塩類を必要とするであろうことは古くから考えられていた。

しかし、1955年以前における無機塩要求の研究は、寄主植物の栄養条件を極端に変えた実験、たとえば、リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウムなどそれぞれ欠乏させ、その植物を摂食した昆虫が、どのような影響を受けるかを調べたとか、あるいは貯穀害虫で不純物を含んだ飼料で無機塩の影響を調べたものであった。

純合成飼料 (Chemical defined diet) に無機塩を加えたり、除いたりして、個々の無機物の栄養効果を調べ始めてからの歴史は他の栄養物質に比較して浅い。一方後述するように、無機塩要求の研究には非常に困難さを伴う。そのため無機塩要求がある程度わかっている昆虫は数種に過ぎない。しかし、今後の発展がもっとも期待される分野といつてよいであろう。

I なぜ無機塩要求の研究が困難か

House (1965) はその総説において“昆虫における栄養要求の中で、無機塩要求に関する研究分野が、もっとも困難なことから取り残された分野である”と述べている。それでは無機塩要求の研究がなぜむずかしいのか、その原因についてまず考えてみる。

(1) 純合成飼料といわれるものの中に、加えた無機塩類以外に相当量の無機物が混入物として含まれる (第1表)。

この表におけるAはアワノメイガの飼料で、寒天、カゼイン、トウモロコシ油、セルロースなどを含むため、混入量が一番多い。Bはカイコの飼料で寒天、デンプン、ダイズ油、セルロースなどを含むが、カゼインを除いて

あるので、Aより混入は少ない。Cはヒラタコクヌストモドキの飼料で、デンプン、アミノ酸、トウモロコシ油、ビタミン混合、コレステロールよりなり、寒天、セルロースが含まれていないため無機塩混入は一番少ない。このように量的に多少の差はみられるが、混入無機物を完全に除くことは現状では非常に困難であり、これが無機塩の要求の研究を困難にしている第一の原因である。

(2) 純合成飼料で2世代以上にわたって飼育を続けなければならない。たとえば、モモアカアブラムシにみられるように、その世代の生育では要求しないようにみえても、増殖や次世代で欠乏の影響が現われることがある。

(3) 現在まだ純合成飼料で飼育が確立されている昆虫の種類が少ない。

II 無機塩要求の現状

ある1種類の無機塩を要求したとか、除いた場合が生育がよくなったという研究は相当なされているが、無機塩全体について要求が調べられている昆虫は非常に少ない。

1 カイコ

人工飼料の発達に伴って、無機塩要求が最近明らかになってきた (新村・伊藤, 1963; 伊藤・新村, 1966; 堀江ら, 1967)。無機塩を除いた飼料では成長も発育もしなかった。そこで無機物質を一つずつ除いたり、置き換えたりした結果、K, Mg, Fe, Ca, Mn, P, Znが必要であることがわかった。Kについては、そのリン酸塩の種類によって効果が異なり、また NaF は有害であった。無機物のうち K, Mg, Zn, P については、その要求量も定められた (第2表)。

2 ヒラタコクヌストモドキ

この種類の無機塩要求が最もよく調べられている。Hout ら (1958) は幼虫の生育に Mg, Ca, Na, K が必須であり、Mg, K の欠除により死亡が起こり、Ca は蛹から成虫になる時必要であることを明らかにした。MEDICI と TAYLOR (1966) は、より純粋な飼料を用いて K, Mg, Fe, Zn, Mn, Ca, Cu, Na が必須であり、それぞれの要求量 (第2表) と有害量を決定した。一方 P については 0.0075% 以下で効果なく、0.125~0.475% が最適で、3.075% 以上は有害であった (CHAUDHARY and LEMOND, 1962)。

第1表 各種飼料における無機物の混入 (ppm)

	A	B	C		A	B	C
K	1160	304	23.3	Al	10		
Ca	650	472	2.1	Cu	2		0.12
P	2900	80		B	7		
Na	4700		100	Mn	2		1.2
Mg	110	88	73	Zn	21	11.7	1.2
Fe	36		1.9	Ba	12		

A: BECK ら (1968), B: 堀江ら (1967), C: MEDICI and TAYLOR (1966)

3 アブラムシ類

モモアカアブラムシは、P, K, Mg が生育に大きく関与し、欠除した飼料では 3~4 日で死亡した。またそれらの要求量は第 2 表のとおりであった。微量元素としては、Fe, Zn, Mn, Cu を必要とし、Fe, Zn の欠除は第 1 世代で、Mn は第 2 世代で、Cu は第 3 世代で生育に影響が現われた (DADD and MITTLER, 1965; DADD, 1967)。

一方、エンドウヒゲナガアブラムシでは、 K_3PO_4 と $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ が重要であり、それぞれ 0.5% と 0.2% が最適であった。これより多くても少なくても生育が劣った。また Zn, Mn, Co を除いた実験をしたが生育には関係なかった (AUCLAIR, 1965)。

寄主植物に含まれる無機塩量と同量の無機塩を加えると、幼虫の生育はよくなるが増殖は減少した。これは Ca と P のインバランスに由来することがわかり、Mg の要求量も P 含量と関連があることがわかった (RETNAKARAN and BECK, 1967)。

以上のことから、アブラムシ類の無機塩要求をみると、P, K, Mg がもっとも重要であり、かつそれらの間のバランスが大切であるといえよう。吸汁性昆虫では無機塩が浸透圧としても関与するためか、そしゃく性昆虫と比較して、最適無機塩濃度の幅が狭いようである。

4 その他の昆虫

今まで述べた昆虫のほかは、無機塩要求について、まだ十分解明されていない。しかし、個々の無機塩あるいは添加する無機塩の種類について興味ある結果を得ているものがあるので、それらの点について述べる。

チャイロコメノゴミシダマシの生育には Zn と K が必要であり、とくに Zn は必須とされている (FRAENKEL, 1958)。ショウジョウバエの幼虫は、K, P, Mg, Na が必須で、Ca は *truce* 程度でもよかった (SANG, 1956)。一方成虫の生存や産卵には K と Mg の欠除が最も強く影響し、Na と Ca がこれにつき、P と Cl は影響が少なかった (SANG and KING, 1961)。クロバエの成虫における卵巣の発達には KH_2PO_4 が有効であった。しかし、KCl, $MgSO_4$, $NaCO_3$, NaCl, Ca_3PO_4 では効果はみられなかった (RASSO and FRAENKEL, 1954)。

HOUSE と BARLOW (1965) は寄生バエの 1 種 *Pseudosarcophaga afinis* に対し新しい無機塩混合 (第 3 表) を作り、従来用いていた No. 2 U. S. P. XII の無機塩混合と比較したところ、新無機塩のほうが、生育期間が短縮し、その上体重がいちじるしく重くなることがわかった。そこで従来の無機塩に Cu, I, Fe, Mg, Mn, P, Na, Zn を一つまたは数種加えたが、どれも効果はなかつた。

第 2 表 無機塩要求量の比較 (ppm)

	ヒラタコ クヌスト モドキ	チャイロ コメノ ゴミシ ダマシ	カイコ	モモア カアブ ラムシ	ネズミ	人
K	2000	2370	9000	3800	1800	4000
Mg	275	400	1000	700	400	300
Ca	2.1	80			6000	1200
Na	100				500	1600
Fe	10				25	12
Zn	5	6	20		12	2
Mn	1.5				50	
Cu	0.12				5	2.5
P	4750		3000	1480	5000	1200
Cl					500	2400

った。これらのことから新無機塩混合がよかった理由として K に対する Na, Ca のバランスがよかったためと考えた。DADD (1961) はバッタ類 (*Schistocerca gregaria* と *Locusta migratoria*) の生育に対する無機塩の影響を調べた。まず無機塩を除いた飼料では 2 令までに全部死亡した。5 種類の無機塩混合 (そのうち 1 種類は 4 種の無機塩よりなる非常に簡単なもの) を飼料に加え、その生育をみたが、ほとんど差はみられなかった。また無機塩混合量を飼料乾物量の 11% まで増加しても、生育に影響はなかったなど、この虫は無機塩にあまり敏感でないことを示した。VANDERZANT (1965) はワタミゾウムシの飼料に加える無機塩のうち、Na と K を 2 倍に増加させても発育に関係なく、Mg と Fe を 2 倍にした場合には成虫になる個体数が減少した。また飼料に加える無機塩より Ca, Fe, Na, Zn, Mo, Co, I を除いても発育に差はみられなかったが、Mg を除くと体重の増加が低下したと述べている。BECK ら (1968) は飼料を分析し、新しい無機塩混合 (第 3 表) を作り、従来用いていた WESSON の無機塩を飼料に加えた場合と比較した。新無機塩混合を加えたほうが、アワノメイガ幼虫の生育を早め、数世代累代飼育することができた。しかし、この新しい無機塩混合から無機物質を一つずつ、すなわち NaCl, $Fe(SO_4)_3$, $MnSO_4$, $Zn(OOCCH_3)_2$, $CuSO_4$ を除いても生育に差はみられなかった。 $MgSO_4$ を除いた飼料では少し生育の遅れがみられた。一方ニカメイガ幼虫の飼料に、この BECK らの無機塩混合と WESSON の無機塩混合を入れた場合には、やはり前者のほうが、幼虫の生存・生育によかった。また BECK らの無機塩混合から一つずつ無機物を除いた実験で、 $MgSO_4$ の場合アワノメイガ以上に生育の遅れをみせ蛹化するものはなかった (未発表)。

今までにわかった昆虫の無機塩要求量を示したのが第 2 表である。まだ例数が少ないので、昆虫間の比較ある

第3表 昆虫のための無機塩混合物

無機塩	寄生バエの1種	ヒラタコクヌストモドキ	アワノメイガ	カイコ	モモアカアブラムシ	
	HOUSE · BARLOW	MEDICI · TAYLOR	BECK ら	伊藤 · 新村	DADD	
KH ₂ PO ₄	600.0	67.75	18.0	150	500	
K ₂ HPO ₄			49.75			48
KCl						84
CaCO ₃	48.8					
CaCl ₂						
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O	210.0	8.0	8.0	52	200	
MgSO ₄		16.0	16.0			
MgSO ₄ · 7H ₂ O						
MgHPO ₄ · 3H ₂ O						
MgCl ₂ · 6H ₂ O						
NaCl	83.8	5.0	5.0	7	1.5*	
NaHPO ₄ · 12H ₂ O						
FeSO ₄ · 7H ₂ O		2.0	2.0			
FePO ₄ · 4H ₂ O	28.7					
FeCl ₃ · 6H ₂ O						
MnSO ₄ · H ₂ O	0.6	0.5	0.5		0.8*	
ZnCl ₂	11.4	0.5			0.8*	
Zn(C ₂ O ₂ H ₃) ₂ · 2H ₂ O	9.0	0.25	0.5		0.4*	
CuSO ₄ · 5H ₂ O			0.25			
CoCl ₂ · 6H ₂ O			7.7			

* Fe, Zn, Mn, Cu の EDTA-Na の金属塩としての重量。

いは他の動物との比較はできないが、Ca の要求量はネズミや人間より少なく、Kは反対にむしろ多いようである。

以上無機塩の栄養効果について述べてきたが、無機塩にはこのほか、摂食刺激効果や摂食刺激補助効果があることが2, 3の昆虫で示されている。今後はこれらの事項についての知見も無機塩要求と同時に増加することと思われる。

III 合成飼料に用いられる無機塩混合

現在すでに昆虫飼育のために、非常に多くの合成飼料が作られている。これらにはほとんど全部(不純物を非常に多く含んだ飼料以外)無機塩混合が加えられている。しかし、昆虫の無機塩要求がわからなかったため、脊椎小動物用無機塩混合を用いるのが普通であり、どの無機塩混合を用いたのがよいかはまったくわからずに使用していたように思われる。幸いある種の昆虫では WESSON の無機塩や No. 2 U. S. P. XII の無機塩混合などで成功した例もいくつか報告されている。しかし、それぞれの昆虫に最適の無機塩混合を作ることが、完全に飼育するためには必要なことであった例もある。

最近、2, 3の昆虫で無機塩要求がわかったり、飼料の無機分析の結果から新しい無機塩混合が報告されている。それらをまとめたものが第3表である。

今後、多くの昆虫において無機塩要求が解明され、それぞれの共通点と特異な点が明らかになってくること

が昆虫の栄養生理学上要求される点である。また無機塩要求がわかってくると、それぞれの昆虫に最適の無機塩混合が作られ、最適の飼料も完成されることと思う。

引用文献

- AUCLAIR, J. L. (1965) : Ann. Ent. Soc. Amer. 58 : 855~875.
 BECK, S. D., G. M. CHIPPENDALE and D. E. SWINTON (1968) : *ibid.* 61 : 459~462.
 CHAUDHARY, K. D. and A. LEMOND (1962) : Can. J. Zool. 40 : 375~380.
 DADD, R. H. (1961) : J. Ins. Physiol. 6 : 126~145.
 ——— (1967) : *ibid.* 13 : 763~778.
 ——— and T. H. MITTLER (1965) : *ibid.* 11 : 717~743.
 FRAENKEL, G. S. (1958) : J. Nutri 65 : 361~396.
 堀江保宏・渡辺喜二郎・伊藤智夫 (1967) : 蚕試報告 22 : 181~193.
 HOUSE, H. L. (1965) : The physiology of Insecta Vol II. Academic Press. New York. Lond.
 ——— and J. S. BARLOW (1965) : J. Ins. Physiol. 11 : 915~918.
 HOUT, L., BERNARD, R. and A. LEMONDE (1958) : Can. J. Zool 36 : 7~13.
 伊藤智夫・新村正純 (1966) : 蚕試報告 20 : 361~374.
 MEDICI, J. C. and M. W. TAYLOR (1966) : J. Nutri 88 : 181~186.
 新村正純・伊藤智夫 (1963) : 日農化 37 : 757~760.
 RASSO, S. C. and G. FRAENKEL (1954) : Ann. Ent. Soc. Amer. 47 : 636~645.
 RETNAKARAN, A. and S. D. BECK (1967) : J. Nutri 92 : 43~52.
 SANG, J. H. (1956) : J. Exp. Biol. 33 : 45~72.
 ——— and R. C. KING (1961) : *ibid.* 38 : 793~809.
 VANDERZANT, E. S. (1965) : J. Ins. Physiol. 11 : 659~670.

昆虫の摂食刺激物質要求

京都工芸繊維大学繊維学部 林 屋 慶 三

I 昆虫の食物選択^{1,2,8,9,11)}

昔からモンシロチョウはアブラナに、カイコはクワに、アゲハはカラタチに寄るものとされているように、それぞれの昆虫にとってその食べ物はかなりはっきりと定まっている。ところが、この結びつきの深い食物をきりはなしてでも、人工飼料で昆虫を飼育しようとする要求が最近とくに多くなってきた。これは昆虫と寄主との関係を知る学問的興味から、あるいは栄養要求の解明のために、また実用的には農業に関連した諸研究に、さらには最近のカイコにみられる新しい養蚕業を求めてなど、人工飼料に期待されることが多いからである。

今まで定まっていた天然の食物を人工飼料に換えるのであるから、最初の関門となるのはまず食物を食べさせるにはどうすればよいかという問題であろう。本特集で摂食刺激物質がとりあげられたのもこのゆえからと推察する。

昆虫の摂食と結びつけて最初にあげなければならない物質は糖であろう。虫が甘いものに寄ることは古くから見慣れていることで、今日までに明らかにされた昆虫の飼料で、摂食促進に糖が関与しておらない例を探すほうが困難なくらいである。それでは糖だけで昆虫の食性を説明することができるかといえば、そうはいえない。一方、VERSCHAFFEL のモンシロチョウの食性に関する研究はこのチョウと寄主である十字科の特有成分であるカラシ油配糖体とを結びつけ、DETHIER のアゲハに関する研究では寄主のセリ科植物の精油成分との関係が明らかにされた。

以来昆虫に対して、誘引作用や摂食刺激を起こさせる物質を寄主に共通する特有成分に求める研究が数多く展開されるようになった。コナガに対するカラシ油配糖体、Mexican bean beetle に対する Phanecolunatin, Catalpa shinx に対する Catalposide, ヤナギルリハムシに対するサリシン、ニカメイチュウに対するオリザノンなど、純粋な物質として確認されたものも数多く、未同定の有効成分に至ってはその報告は数えきれないほどになっている。ところが、研究対象となった昆虫の例数が増加するとともに昆虫の食物選択機構が単一な特有成分だけでは説明しきれない例が多くなってきた。たとえば、広食性のバッタ (*Schistocerca gregaria*) は植物のエーテル可

溶性物質によって誘引され摂食を始めるのであるが、その物質は一つのものではなく、いろいろの植物の中の異なる物質によって刺激されていることがわかってきた。一方、狭食性に見本のように考えられてきたカイコの摂食機構に関する研究ではカイコの摂食を促進する物質はきわめてポピュラーな物質の組み合わせであった。

このような例をみると、昆虫を広食性および狭食性にわけ、これらを定義する場合に、前者は特別な物質によって誘引されるというよりむしろ忌避性のない植物を食べる昆虫といい、一方後者は数少ない異なった物質にのみ誘引される昆虫であるとする、DETHIER の提案は必ずしもあたっているとはいえない。広食性昆虫も誘引刺激を要求しており、むしろ選択は同時に存在する忌避物質の有無によって決定されると考えた THORSTEINSON の説をなかば支持する例といえよう。誘引というプラスの刺激に対抗して忌避というマイナスの刺激が摂食決定に主役を演ずる例も多いのである。古くはコロラドハムシがナス科の植物にある嗅覚刺激物質に誘引されるが、その摂食にあたっては植物中のアルカロイド配糖体としてソラニンがある場合は忌避性がなく、デミッシンがある場合には忌避性が強いことが知られており、ヤサイゾウムシがクローバーに誘引されながら摂食できないことが観察されているが、その理由としてクローバー中のクマリンの忌避性が指摘されている。さらに最近の和田の総説にみられるように、植物の昆虫抵抗因子が数多く見つかってきた。1例として昆虫による被害の少ないツツラフジ科の植物、カミエビから昆虫抵抗因子イソボルジンが単離された研究をあげることができる。イソボルジンは、狭食性のユウマダラエダシャクトリおよび広食性のハスモンヨトウに対して、200 ppm の濃度において摂食阻害作用を示すが、カミエビを食害するアカエグリバの幼虫に対しては、1,000 ppm においても阻害活性を示さないという。

一方、昆虫の寄主選好において、寄主植物の栄養成分が大きい役割を果たしている例はアブラムシ、コロラドハムシ、メイガ類を初め、たくさんの虫について知られている。昆虫の発育のために必要な栄養成分を十分もっているかどうかということが、正しい意味での寄主選好に関与しているための物質的条件であることはいうまでもない。昆虫の栄養要求は一般の動物の栄養要求と基本的

には変わりがないと思われるが、仔細にみればわずかな点で異なっているはずである。たとえばステリンや無機塩の要求性などは他の動物に比べてはもちろん、昆虫の間であっても変動の幅が大きいといえよう。このように栄養要求は一般的な類似性のある範囲内においても、定性的に、あるいは定量的に変動しており、この変化が昆虫と寄主植物の関係を複雑にしているともいえるのである。たとえば、水稻のニカメイチュウに対する抵抗性はその珪酸や窒素含量によって異なり、この含量は土壌中の窒素肥料に影響をうけるのである。これらの関係は平野によって詳しく研究されている。寄主の生理的条件が昆虫の寄主選好の一つの大きな要素である一方、その生理的条件の変化が昆虫の選好性を変化させている例も数多くなってきた。

このように見てくると、昆虫が食物をとるといことは、寄主食物を認知し、摂食を開始することから始まり、さらに摂食を継続し、この間生長に必要な栄養の充足が求められ、さらに産卵の条件が満たされて、次の世代へと繁殖してゆくところまで関係してくるのであり、いわゆる昆虫と寄主との関係すべてにわたって深い関連をもっているのである。いままで述べてきたことは、特徴的な例によって寄主と昆虫との間に起こりうる諸問題を示したのであって、このうち基本的なことは、どの昆虫の生長の過程においても存在する問題点なのである。

このような観点からすれば、表題の摂食刺激物質を摂食に主点をおきつつ寄主植物成分と昆虫の相互関係を人工飼料作成の場で論議することにしなければなるまい。ところが、いままで数多くの化学物質が摂食刺激物質として、あるいは生長因子として、または忌避物質として、リストされているにもかかわらず、それらが人工飼料にいかにかき入れ、さらにどのような結果をうんでいるかを知らせてくれる報文は比較的少ない。以下に筆者らがカイコについて行なってきた、クワの成分研究から始まった食性の研究から、人工飼料に至るまでに生じた種々な問題、すなわち、クワを含む人工飼料からクワをなくしてゆく過程において起こってきたいろいろの事実を述べてみたい。

II カイコの摂食刺激物質^{3,4,5,6)}

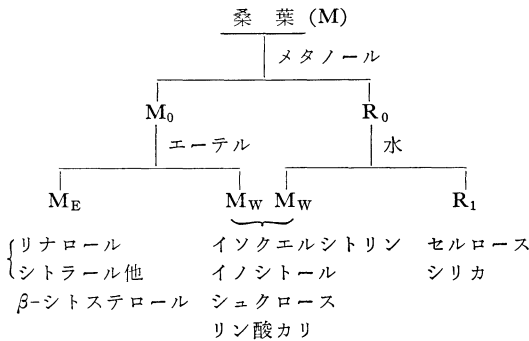
浜村はカイコの食性について次のような観察をした。クワの生葉を純エタノールにそのまま浸漬して冷浸を行ない、緑色の透明液を得てこれをろ紙に吸収させる。このろ紙を細長い箱の一端に、他端に抽出残渣をおき、中央にカイコ幼虫をおくと、幼虫はろ紙のほうへ集まる。誘引されるのである。しかし、このろ紙をかみつこうと

する様子はみられない。ところがクワの生葉をアセトンまたはメタノールと磨砕抽出を行なったろ液について同様の実験を行なうと、カイコは誘引されると同時にこれを盛んにかむ。この抽出物を寒天ゼリーに混じてカイコに与えると、かんでみることが、連続的に摂食しない。そこで、このゼリーにクワの抽出残渣を加えると、これをあたかもクワに対すると同様に食べることがわかった。以上から、attractants, biting factors, swallowing factors の存在が想定されたのである。これらの factors の決定のために、実際にとられた方法は、クワ (M) のエーテル可溶性分画を M_E 、メタノール・水可溶性分画を M_W 、メタノール不溶性分画を R_1 とし、それぞれの分画やその組み合わせたものを、1% シュ糖を含む2% 寒天溶液に混合してゼリーとしたものを、新生したカイコ幼虫 10頭に与え、24 時間後の排糞数を調べる。M を含む区をコントロールとすると、 $M_E+M_W+R_1$ の区はほぼそれに近い排糞数となるので、摂食に必要な刺激物質はすべて M_E 、 M_W 、 R_1 の中に含まれると考えられる。したがって、 M_E 、 M_W 、 R_1 のそれぞれから有効な物質を単離する方針で研究がすすめられた。 M_E 分画から得たテルペン系の精油、および β -シトステロールによって、 M_E の分画を置換することができて、 β -シトステロール + M_W+R_1 の区はMの区に置き換えることができ、 M_W の分画から得たイソクエルシトリン、イノシトールによって M_W の分画を置換し得た。残った R_1 分画から得たリン酸二カリ (K_2HPO_4)、珪酸、セルロースによって R_1 が置換でき、第1表に示す組成の寒天ゼリーをカイコ幼虫は、クワ粉末を含む場合と同様に摂食することがわかったのであった。このようにして、カイコがクワと同じ程度に摂食する寒天食が初めて作られたが、その組成はいずれもクワの成分ではあるが、クワだけであって他の植物には存在しないいわゆる特有成分ではなかった。ここから、いろいろの論議や新しい研究が生まれてくる。

1 attractants

シトラール、リナロール、リナリール・アセテート、ターピニル・アセテートなどテルペン系の精油が M_E に相当する分画から分離されて、いずれも幼虫を誘引することが示された。これよりさき、渡辺らによって、 β 、 γ -ヘキセノール、 α 、 β -ヘキセナールがよくカイコ幼虫を誘引することが示された。また畑中らは、 β 、 γ -ヘキセノールの幾何構造と誘引性との関係を調べ、シス-型がもっとも誘引性が強いと報告した。カイコ幼虫の誘引物質について、さらに広範な研究が平尾らによって展開された。

第 1 表



シトラール他	1 cc (10 mg%)
β-シトステロール	5 mg
イソクエルシトリン	3
セルロース粉末	700
ショ糖	30
イノシトール	5
リン酸カリ (K ₂ HPO ₄)	10
シリカ (セルロースに吸着)	40
2% 寒天溶液	3 cc

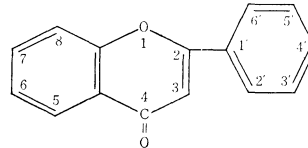
約 200 種のおい物質について誘引性、忌避性が調べられた。これによると、石油類やピネン、ハッカ、樟腦、アミン類などは忌避的に作用するが、他の多くのものは誘引性を示し、ゲラニオールが比較的強力で、シトラール、リナリール・アセテートに匹敵し、これより強力なものとして、脂肪酸エステルがあげられ、なかでも、*n*-ブチル・プロピオナートが最高の誘引力を示した。

2 biting factors

油溶性の biting factor として M_E 分画から β-シトステロール、水溶性のものとして M_W 分画からイソクエルシトリン、また biting action を好適にする物質として、ショ糖、イノシトール、リン酸カリなどが分離され、それぞれ摂食を刺激していることが示された。β-シトステロールのグルコサイドも同様の効果が認められたから、これらから類推してテストされたステグマステロール、コレステロール、エルゴステロールの摂食刺激効果は β-シトステロールに比べて弱かった。イソクエルシトリンは黄色色素フラボノールの 1 種であるクエルセチンの配糖体であって、クワの中に約 0.2%、比較的高含量で含まれているが、クワ特有の色素とはいいがたい。むしろ、フラボノール類としてはクワの心材に含まれるモリンの分布のほうがクワ属にかたよっている。そこで、モリンについて行なわれた実験では、これに強い摂食刺激効果が認められたのである。ただし、モリンはクワ心材には存在するが葉の中からはまだ見出されておらな

い。したがって、クワに関連の深いこの物質も、摂食刺激と寄主特有成分との関連でみることは困難であろう。むしろ興味深いことは摂食促進効果とこの物質の化学構造との関係である。2',3,4',5,7-ペンタヒドロオキシ・フラボンであるモリンの 5 個の水酸基を全部メチル化すると摂食促進作用がなくなり、2',3 位の水酸基をそのままにして、ほかをメチル化したトリメトオキシ・モリンは促進作用を示す。さらに、別に合成した、2',3-ジヒドロオキシ・フラボンはモリン以上の摂食促進効果を示すことがわかった。このことから、フラボン核において 2',3 位の水酸基がカイコの摂食に重要であることがわかる。モリンは金属と結合して呈色することが知られ、とくにアルミニウムとは強く結合して緑色の螢光を発することから、その定性定量に利用されている。そしてモリンが、アルミニウムと結合する位置は、2',3 位の水酸基であるとされ、いわゆる金属キレートを作ると考えられている。2',3-ジヒドロオキシ・フラボンもまたアルミニウムと結合して強い螢光を発するのである。摂食促進性を有するフラボン核の水酸基の位置関係が金属キレート形成と関係があることに筆者は興味をもっているが、金属キレート剤について 2, 3 テストした限りでは、摂食刺激性とキレート形成性をただちに結びつけることはできなかった。

第 2 表 家蚕の摂食に及ぼすフラボン誘導体の影響



比較したフラボン誘導体		糞指数*
1	フラボン	0
2	2',3,4',5,7-OH	100
3	2',3,4',5,7-OCH ₃	10
4	5-OH,2',3,4',7-OCH ₃	27
5	2',3,-OH,4',5,7-OCH ₃	125
6	3-OH	33
7	2',3-OH	180
8	2',3-OH,6-CH ₃	170
9	3-OH,2'-OCH ₃	5
10	3-OH,2'-OCH ₃ ,6-CH ₃	0
11	3-OH,7-OCH ₃	26
12	7-OH,3-OCH ₃	18
13	3,5,7-OH	68

* 第 1 表の基本飼料を、蟻蚕 10 頭に与え、48 時間後の糞数を数えた。基本飼料中のモリンの代わりに、上記の (3)~(13) のフラボン誘導体に置き換えて、同様に糞数を数えた。糞指数は、基本飼料 (2) の場合の糞数を 100 とし、(3) 以下を含む飼料の場合の糞数の相対的な数値をもって示した。

3 感覚生理からみた摂食刺激物質

多くの昆虫について化学感覚に関する研究がすすめられている。とくに、下等な無脊椎動物であって嗅覚と味覚が分離しているのは昆虫だけであるといわれることから、昆虫の嗅覚、味覚は発達していると考えなければならない。摂食を初めとする寄主選好、個体相互間の化学的情報伝達にこれらの感覚が重要な役割を果たしている。これらの感覚を電気生理的に研究することが、最近10年のうちに、カイコ、ニカメイチュウ、シデムシ、バッタ、ハエ、ゴキブリなどで調べられている。カイコにおいては、*Sinsilla basiconica* に嗅覚機能を、小顎の *S. styloconica* に味覚機能が知られており、上述のクワから分離された物質について摂食刺激の電気生理学的研究が石川らによってすすめられた。石川らによると、カイコの小顎の *S. styloconica* には糖、塩、水のそれぞれに感じる受容細胞があるが、シヨ糖にとくに感じる細胞 (L_S) の他にイノシトールにとくに感じる細胞 (L_I)、配糖体やアルカロイドなどの苦味物質に感じる細胞、アブラナ科植物中の未知成分に感じる細胞およびクワ科、キク科以外の植物の抽出液に感受性を示す細胞 (R) などが存在する。数種の植物の抽出液に対する、 L_S 、 L_I 、 R 細胞のきょ動をみると、カイコのよくたべるクワでは R 細胞だけが陰性、食下しないサクラやフウに対しては R 細胞だけが陽性で前二者は陰性であった。このことから、食物選択にこれらの感覚細胞が相互に作用しあっていることが考えられた。その後小顎肢についても検討が加えられ、それが摂食と関係のあるにおいを受感したり、摂食を抑制または促進することがわかってきた。小顎上の感覚毛や小顎肢を薬品で不活性にして、35種の植物葉およびこれらの乾燥粉末を含む寒天飼料などに対する摂食状態を調べた。その結果、イノシトール、 β -シトステロール、モリン、ブチルプロピオネートなどが、シヨ糖のカイコに対する摂食刺激をいちじるしく増大させるものと説明された。すなわち、シヨ糖、イノシトールを感じる細胞が分化している以外に、両者の付加的効果 (Synergistic effect) を感得する感受細胞があること、また β -シトステロール、モリンなどが小顎肢において摂食刺激的に感得されていることが指摘された。また同時に、小顎、小顎肢上に広く忌避物質を感じる細胞が分布していることがわかってきた。

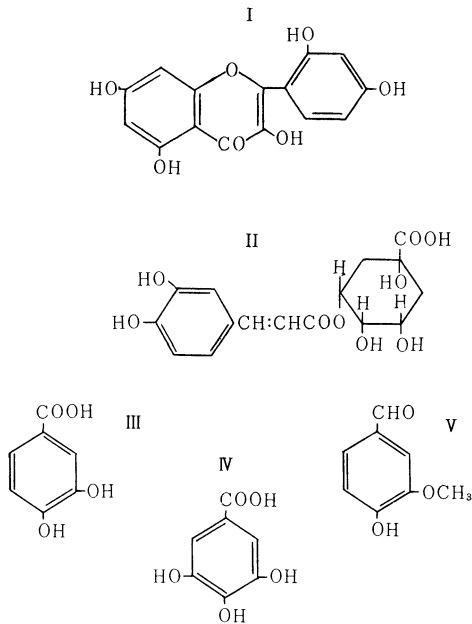
III クワと人工飼料^{10,7)}

クワの中の数種の成分のみからなる寒天ゼリーをカイコはクワ同様に摂食した。しかし、これらの成分でカイコは生長しない。そこで、いままでの知見をもとにして

人工飼料が作られた。カイコがその身を托した食物であるクワを人工飼料に置き換えてみると、上述の摂食刺激物質にみられたクワとカイコの相互関係はさらに複雑なものとなってくる。ここでは昆虫と寄主との深い関係をおもわせる二つの例をあげることにする。

一つは上述の摂食刺激物質に関連してでてきた問題である。クワの水溶性分画 (M_w) から分離された摂食刺激物質にイソクエルシトリンがあった。たまたまそれがフラボノールであることから、クワに多少因縁があるということでもテストしたモリンがイソクエルシトリンに匹敵する摂食刺激作用を有することがわかった。そこで筆者らは、摂食刺激物質のメニューの中に、モリンをイソクエルシトリンの代わりになるものとして加えたのであった。ところが、山田らによると、この両フラボンをそれぞれ別々に含む人工飼料を作ってカイコの飼育テストをしてみると、両者の間に明瞭な差が生じてきた。すなわち、クワの葉に存在するイソクエルシトリンを加えた区では、幼虫が生長を促進されないばかりか、むしろ抑制され、他方クワの葉には存在しないモリンを加えた区では、幼虫はよく生長し、モリンに生長促進効果さえみられた。このような結果からみると、摂食だけの段階で同じと思えた両フラボンも、この段階では、モリンがイソクエルシトリンと置き換えうるとはいいがたいし、両者のカイコに対する作用は全く異なると考えなければならない。モリンの生長促進効果は、カイコが人工飼料を食べているときだけのものであろうか、もっと詳しく検討されなければならないのである。他方、この研究を通じて別の問題がでてきた。すなわち、クワの水抽出液で、イソクエルシトリンが含まれていた分画 M_w からクロロゲン酸が単離された。そして、クロロゲン酸は摂食促進効果をわずかにもっていると同時に、モリンに匹敵する強い生長促進効果をもっていたのである。かくして、 M_w の分画からクワ由来の生長促進物質が見つかったのである。この研究はさらに以下のように発展した。第3表でみるように、化学構造上、モリンとクロロゲン酸とは非常に異なっている。しいて似ている点といえば、フェノールであること、さらにその分解でフェノール酸が生じるだろうということくらいである。そこで、とにかく、多くのフェノール、フェノール酸について、カイコに対する摂食刺激、生長促進の効果の検討がすすめられた。この中から、プロトカテキェ酸、没食子酸、バニリンなどを人工飼料に加えた場合、明らかに幼虫の生長がよくなることがわかった。バニリンのあの甘い人工的な香りに魅惑されてカイコは摂食を刺激されたのであろうか。

第 3 表



- I : モリン
 II : クロロゲン酸
 III : プロトカテキュ酸
 IV : 没食子酸
 V : バニリン

次に別の例を述べる。クワを全く含まない人工飼料で育てられたカイコがとくに病気にかかりやすいことが筆者らの研究室で数年来問題になっていた。ことに、ウイルス性の病気である核多角体病に対する抵抗性についていえば、人工飼料蚕は経口感染に対して、とくに抵抗力がないことが特色であった。研究がすすむに従って、消化液のウイルス不活性化力において、クワ育蚕と人工飼料育蚕との間に違いがあることがわかった。一方、クワ育蚕の消化液中から赤色蛍光性タンパクが単離されたのが、人工飼料育蚕消化液にはこの赤色蛍光は見あたらなかった。かくして、これが両消化液の成分上の相違点として注目され、この発見が糸口となって、消化液中の抗ウイルス性物質がこの赤色蛍光性タンパクであることがつきとめられた。クワを食べているカイコの消化液に見出される抗ウイルス性物質が、人工飼料を食べたカイコには見られないのである。おそらく、カイコとクワとの結びつきができてから、進化の過程においてカイコがク

ワを素材にして獲得した、ウイルス防禦機構の一環をなすものであるが、思いがけない形で昆虫と寄主との深い関係が明らかになった。この物質の産生の機構を調べるうちに、次のことが明らかとなった。人工飼料にクワの乾燥粉末を加えても、その飼料で育ったカイコの消化液でのこの物質の産生はわずかである。しかし、生桑葉であれば、1日の摂食でも、すでにこの物質が産生される。かくして、生桑葉の「なま」の意義が問われることになったのであるが、最近、生葉の葉緑体分画を飼料に添加することによって人工飼料蚕もこの物質を産生することが明らかとなった。カイコは緑葉のもっとも重要な光合成器官である葉緑体を摂食することによって、ウイルス感染からまぬがれていたのである。

昆虫と寄主とのかくも深い関係を思うとき人工飼料のむずかしさを痛感するのである。確かに昆虫は摂食刺激物質があつてこそ、その飼料を十分にとることができるのであるが、その刺激物質も栄養その他昆虫の一生に好適な条件がそろっている中においてこそ真に昆虫に有効となってくるのであると考えたい。

本稿を終わるにあたって、松本義明氏のすぐれた総説、昆虫抵抗因子に関する和田弘次郎氏の近著、その他参考にしたおもな文献を記す。基本となるおもな文献はほとんどこれらの総説に収録されているので再録しておらない。

参 考 文 献

- 1) 池本 始 (1967) : 蛋白質・核酸・酵素 12(11) : 1014~1025.
- 2) 石井象二郎 (1967) : 昆虫 35(3) : 240~247.
- 3) 石川誠男・平野常男 (1966) : 蚕糸試験場報告 20(3) : 291~319.
- 4) 石川誠男 (1967) : 昆虫 35(3) : 231~239.
- 5) 浜村保次 (1962) : 京都工芸繊維大学繊維学部学術報告 3 : 567~581.
- 6) 林屋慶三 (1966) : 防虫科学 31(3) : 137~145.
- 7) 林屋慶三・西田 順・松原藤好 (1968) : 日本応用動物昆虫学会誌 12(4) : 189~193.
- 8) 平野千里 (1960) : 日本応用動物昆虫学会第4回シンポジウム要旨 p. 25.
- 9) 松本義明 (1965) : 植物防疫 19(6) : 219~226.
- 10) H. YAMADA & M. KATO (1966) : Proc. Jap. Acad. 42(4) : 399~403.
- 11) 和田弘次郎 (1967) : 化学と生物 5(11) : 698~702.

昆虫の大量増殖とその利用

農林省農業技術研究所 湯 嶋 健

はじめに

昆虫を周年自在にしかも大量に飼育したいということは古くからの願いであった。その目的はかつては大部分が殺虫試験であったが、それすらも食葉昆虫を周年大量に飼育するには各種の困難がつきまわっている。そこで今でも農薬の第一次スクリーニングには貯穀害虫や、ゴキブリやイエバエのような衛生害虫が用いられることが多い。

農業害虫が農薬の第一次スクリーニングにあまり使用されない理由はあるけれども、食葉性害虫などでは、もしも植物そのものを用いて飼育するとすると、食餌植物の需給関係をきちんとたてるのが非常に困難であること、これに伴う労働力の配分がきわめて困難であることもその大きな理由の一つである。たとえばヨトウムシでは最終令幼虫は幼虫全期間の摂食量の大部分を摂食するから、大部分の労力はこの期間に集中されてしまうのである。

また、食餌植物を年間通して均一な条件で栽培することはきわめて困難であるし、温室内での密植による大量の植物の栽培はしばしば、ハダニ・アブラムシ類の発生をまねき、次の食葉性昆虫の餌どころでない場合が生じる。

BOTTGER (1942) の人工食餌による食葉性昆虫の飼育の成功は、この点で画期的な発展をもたらした。現在では栄養学的研究と平行して、昆虫をいかに手軽に、しかも確実に大量に飼育できるかという新しい方向が生まれてきている。そしてこの人工食餌による大量飼育の成功は、また新しい応用昆虫学の発展をもたらしてきている。

I 大量飼育とその利用

昆虫の大量飼育が可能であるという利点は、殺虫剤の生物試験、生理・生化学の実験材料として大いに役立つということはもちろんであるが、大量に飼育した昆虫を利用した防除法が新しく開かれつつあるということは周知のことである。すなわち、

(1) 天敵の大量増殖、(2) 病原微生物の生産、(3) フェロモンの研究、(4) 不妊虫の放飼
など、いわゆる害虫のインテグレートコントロール

の基幹技術のささえになっているのは、実に昆虫の大量増殖であるともいえるほど重要である。

このほかに、わが国ではカイコの人工飼育の問題があるけれども、植物保護という立場とは異なっているので、ここではふれないことにする。

II 天敵の大量増殖

寄生蜂・ハエなどの増殖にはまず寄主の増殖が必要であることはいうまでもない。この寄主の増殖に人工食餌が有用なのはもちろんである。第二次寄生者の混入、第一次寄生者に対する病気の繁殖を防ぐ意味からいっても有利なのである。

さらに、テントウムシ類やクサカゲロウ類のような捕食虫については、直接人工食餌による増殖が試みられている。テントウムシ類についての飼育についてはすでに述べたので、ここではクサカゲロウの1種 *Chrysopa carnea* の人工飼育について若干の紹介をしたいと思う。なおこの餌で捕食性テントウムシ (*Harmonia*) の飼育の可能性もありそうである。

この研究はまず HAGEN (1950, 1965) によって行なわれた(第1図)。この時(1965)の飼料は第1表のとおりで、いわゆるパラフィンの薄膜膜でおおった人工餌である。その後この餌は VANDERZANT (1969) によって改良されている(第2表)。この餌はまだバクガ *Sitotroga cerealella* の卵を与えたものよりも羽化率などで十分でないけれどもかなりの成果を収めている(第3表)。この餌ではセルロースのスポンジに含ませた簡単なものとなっていることも見のがせない。

第1表 クサカゲロウ *Chrysopa carnea* の幼虫飼育のための餌の原液* (HAGEN, 1965)

成 分	量	
	食餌 A	食餌 B
酵母タンパクの酵素的分解物	5 g	5 g
カゼインタンパクの酵素的分解物	12.5 mg	0.5 g
コリンクロライド	0.5 g	12.5 mg
アスコルビン酸	8.75 g	0.5 g
フルクトース	12.5 ml	8.75 g
水		12.5 ml

* 原液 10 ml に対し、水 30 ml を加える。

第2表 カゲロウの1種 *Chnysopa carnea* の幼虫および成虫のための餌 (VANDERZANT, 1969)

カゼインの酵素的分解物	5.00 g
ダイズの酵素的分解物	5.00 g
フルクトース	15.00 g
K ₂ HPO ₄	0.16 g
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	0.08 g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.05 g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.005 g
ダイズレシチンおよびダイズ油	0.5 g
コレステロール	0.05 g
β-ビタミン混合液*	2.0 ml
コリン	0.05 g
イノシトール	0.02 g
アスコルビン酸	0.10 g
水を加えて	120 ml にする

* 1 ml 中にニコチン酸アミド 1.0mg, パントテン酸カルシウム 1.0, チアミン-HCl 0.25, リボフラビン 0.5, ビリドキシン-HCl 0.25, 葉酸 0.25, ビオチン 0.02, ビタミン B₁₂ 0.002.

第3表 人工食餌でのクサカゲロウの1種の生育 (VANDERZANT, 1969)

グループ	数			幼虫期間	蛹の重量 (mg)	幼虫から成虫までの率 (%)	羽化率
	幼虫	蛹	成虫				
1	32	26	18	19	6.4	56	69
2	19	18	11	20	6.2	58	61
3	20*	17	13	17	6.9	65	76
4(対照)	122†	120	104	8	5.7	85	87

* 1日に2回給餌
† バクガの卵を給餌

III 病原微生物の生産

バクテリアなどの生産は培地によって増殖が可能であるが、この培地に寄主を加えることによって病原バクテリアなどの増殖がよく行なわれることはよく知られている。しかし、何といても最も問題となるのは病原ウイルスの生産である。

養蚕国であるわが国ではバクテリアなどよりもウイルスを利用することが好ましいが、現在のところでは、ウイルスは生体内でしか生産することができない。ウイルスの生産手段としては、鶏卵への接種、組織培養中での増殖、生きた昆虫への接種などが考えられるけれども、一番現時点で経費の点を含めて可能性の高いのは生きた昆虫への接種である。

この際最も問題となるのは、ウイルスを接種するまでは、他の病原微生物によって感染して死亡したりすることがないことであって、また目的とするウイルス病についても若令虫に感染して収量が少なくなならないような管理が必要である。また累代飼育がウイルスの感染によ

って絶えてしまつては困るのである。

ウイルスの生産には、ウイルス病からも完全に守られた飼育法が必要なわけで、一見相反するような厳密な管理が必要なのである。IGNOFFO (1966) もこのことをまず第一に挙げており、また餌の中にできるなら抗生物質を入れたくないのだといっている。その意味からも清浄な飼育装置についての配慮が必要である。この点については、わが国の現状はまだほど遠いといわなければならない。

IV フェロモンの研究

昆虫のフェロモンを利用して害虫防除をしようという試みはすでにごく一般的なものになりつつある。ところで、この研究に先だつのが虫の生産である。通常性フェロモンなどについていえば、数十万頭からわずか数 mg しか単離できない。この数十万頭必要であることが、JACOBSON らのマイマイガの性フェロモン抽出、同定に成功したのは実に大発生年に遭遇した際に蛹を大量に集め得たことによることによつてもうなづけよう。

現在では、分析法の進歩、機器の発達によつて次第に必要な昆虫の数は少なくてすむようになってきているが、それでもこの数の壁はきわめてきびしいものなのだ。

こうなってくると、いかに能率よく、安価に昆虫を生産しようかということが問題になってくる。わずか 2,000 頭や 3,000 頭の虫を飼育するならば、研究者は労賃はあたたかも無料であるかのように考えてしまう。しかし、これが数十万頭となるとそう簡単には行かない。第4表にシロナヤガを人工餌で大量生産した時の費用を示しておいた。大型の食葉性昆虫で最も安価なのはカイコで繭を

第4表 63,000 頭のシロナヤガの1種 *Spodoptera frugiperda* を成虫にするまでの飼育費用

項	目	1,000 頭当たりの費用	全費用に対する%
幼虫期	人工食餌	1260円	21
	労容賃器	936	16
	小計	1116	18
蛹期	蛹の取り出し労賃	3312	55
	累代飼育用成虫	1692	28
	小計	252	4
成虫期	羽化の失敗	1944	32
		684	13
合計		5940	100

1 カップ当たり 1.75 頭の収率として、1 ドル 360 円として計算。

含めて蛹が1個約2円であるが、この他の昆虫を大量に飼育して、この BURTON (1967) の値より高くなるようなら十分な方法とはいえない。残念ながら、わが国で食葉性昆虫について大量飼育に本当の意味で成功しているものは少ない。

BURTON(1967) はこれらの餌のかきまぜ、分注、虫の接種をすべて機械化してその能率化を計り、蛹の取り出しがもっと機械化できればさらに費用は節約できるだろうと述べているが、ついにその蛹の取り出しの機械化にも成功している (1969)。

V 不妊虫の放飼

不妊虫の放飼についてはすでに多くの論文で語られた。ここではいちいち述べないが、まさに大量飼育そのものが鍵をにぎっているものである (口絵写真参照)。

おわりに

これらの大量増殖を行なうには、問題は単に餌の栄養的問題だけでは片づけられない。これにはさまざまな工夫、たとえば、幼虫飼育の容器、蛹化、羽化、交尾、産卵の装置がそれぞれの虫に応じて考案されなければならない。たとえば人工食餌で飼育する場合、できるだけ無菌的に保つためには、紙に産卵させることが望ましいが、このこと一つでも虫によってその習性が違っている。コカクモンハマキでは第1図に示すように紙は成虫の上に位置するようにするか、チャハマキでは紙は下に置かなければならない。というのは、コカクモンハマキは葉の裏側に、チャハマキでは逆に表側に産卵する習性があるからである。また、アワヨトウではパラフィン紙を第2図のようにしたものに産卵させることができる。

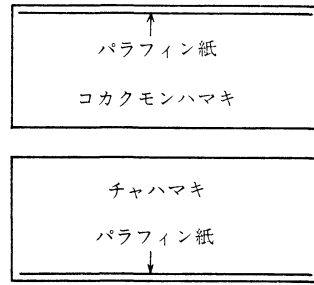
このような、本当は一見なんでもないような工夫、考案がどんどん短くても一向かまわないから論文、資料として発表されることがこれら大量飼育を助けることを認識して欲しい。

付

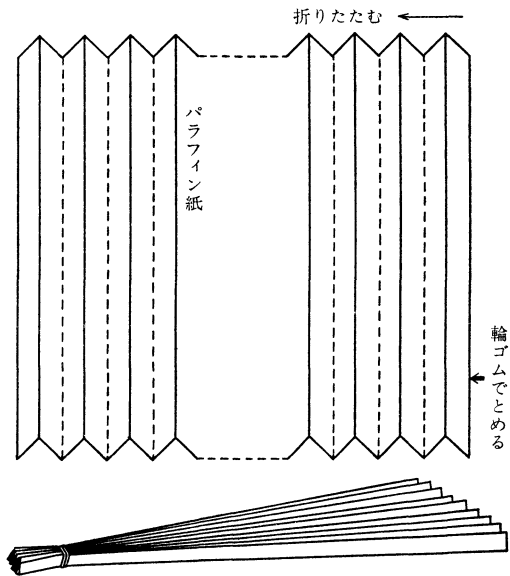
アメリカの農務局に次の出版物が出されている。

“Colonies of Insects, Mites, Ticks, and Spiders Maintained in Laboratories of the Entomology Research and Market Quality Research Divisions of the Agricultural Research Service United States Department of Agriculture” Compiled by Biological Investigations, Pesticide Chemicals Research Branch, Entomology Research Division, Agricultural Research Service (REVISED, 1968) である。

表題に示されるよう現在どのような昆虫もっている



第1図 コカクモンハマキとチャハマキの産卵パラフィン紙の位置の相異



第2図 アワノメイガの産卵用パラフィン紙

か、それはどんな目的のために保持しているかということをもとめたものである。約 88 ページのタイプ印刷版であるが、日本でもこのような出版物が出されるようになったらさぞかし便利だろうと思うのでその紹介をしてみたい。

まずコロニーを保持している研究室とその責任者名がナンバーを付して書いてある。

すなわち、養蜂、ワタの害虫、果樹害虫、穀物および野菜の害虫、衛生昆虫の研究群に大別され、その中をとたとえばワタの害虫の保持研究室として

5. Dr. NORMAN W. EARLE, 4115 Gourrier Avenue, Baton Rouge, La. 70808

とでてくる。これは次にでてくる表の中で虫の名前などを挙げたあとで 5 とでてくれば Dr. EARLE に連絡をとれば虫の分与およびいろいろの情報が得られることを示している。

6 ページ以下は具体的な保持現況の表である。たとえば 36 ページのアワノメイガの項を見てみよう。まず項目として次の事項が挙げられている。

ストレインのタイプ、ストレインの名前あるいは番号、飼育起源になっている場所と日付、目的および他の情報、保持研究室(番号)である。これを具体的にそのままの表にして例として第5表に示しておいた。これからわかるように、同じアワノメイガでもさまざまな目的のために使用されているのである。この中で、すでに述べたように不妊化法(放射線照射, 化学不妊剤)の項や, 大量飼育の研究そのものを研究していること, 病原微生物性フェロモンの研究のために大量飼育を行っている状況がよく伺われる。

第5表 付に記した本の一部

STRAIN TYPE	STRAIN NAME OR NUMBER	PLACE & DATE OF ORIGIN	USE AND OTHER INFORMATION	LABORATORY MAINTAINING COLONY
<i>Manduca sexta</i> (Johannson) - tobacco hornworm				
Inbred		Number of courses, including some field collected insects, 1964	Physiological and biochemical studies.	55
Inbred		Oxford, N. C. 1967	Diapause, physiological, and biochemical studies.	56
Wild	IC	North Carolina and others 1965	Sterility, attractant's, basic biology, parasites, predators, ecological.	66
Wild	6X	St. Croix, V. I. 1967	do	66
Wild			Mass rearing, biological studies.	68
Wild	CX	St. Croix, V. I. 1966	Mass rearing, biological and ecological studies.	71
<i>Ostrinia nubilalis</i> (Hübner) - European corn borer				
Wild	CR	Ankeny, Iowa 1963	Pathology, insecticide, sex pheromone, and male-sterile studies.	30
	A) B) C)	Sub colonies of CR 1964		30
Wild biotype	BC	Black Creek, Wisc. 1964	Studies on diapause and disease susceptibility.	30
	Mo	Portageville, Mo. 1964	do	30

人事消息

西尾 清氏 (門司植物防疫所本所国際課輸入第3係長) は横浜植物防疫所直江津出張所長に
 高島文雄氏 (横浜植物防疫所小樽出張所長) は同上千葉出張所長に
 矢島 馨氏 (同上釧路出張所長) は同上小樽出張所長に
 古田 泉氏 (同上塩釜出張所) は同上釧路出張所長に
 餅井田 輝氏 (神戸植物防疫所大阪支所国際第2係長) は名古屋植物防疫所西部出張所長に
 梅木亀男氏 (名古屋植物防疫所清水支所国内係長) は同上蒲郡出張所長に
 清水政利氏 (横浜植物防疫所国際課防疫管理官) は同上清水支所長に
 森下強三氏 (名古屋植物防疫所清水支所長)・浜田高男氏 (名古屋植物防疫所本所国際課防疫管理官) は退職
 石井頼治氏 (同上本所国際課輸入第1係長) は神戸植物防疫所高松出張所長に
 坂本清恒氏 (横浜植物防疫所千葉出張所長) は門司植物防疫所三池出張所長に
 周防一夫氏 (生糸検総務部庶務課課長補佐) は農業検査所総務課長に
 中尾皖英氏 (農業検総務課長) は蚕糸園芸局総務課課長補佐 (庶務厚生班担当) に
 中村広明氏 (同上生物課検査管理官) は農業検査所農業残留検査室長に
 伊藤俊三氏 (経済企画庁総合計画局参事官) は九州農政局長に
 筒井喜代治氏 (東海近畿農試環境部虫害研究室長) は東海近畿農業試験場環境部長に
 宮原義雄氏 (鹿児島県農試鹿屋支場病虫害室長) は九州農業試験場環境第1部虫害研究室長に
 竹原秀雄氏 (林試調査部調査室長) は林業試験場長に
 坂口勝美氏 (同上場長) は退職
 森川謙三氏 (秋田県仙北農林事務所長) は秋田県農政部

農産普及課長に
 広沢忠敏氏 (同上農農政部農産普及課長) は秋田県農業信用基金協会へ
 高野十吾氏 (茨城県農試害虫研究室長) は茨城県農林水産部教育普及課専門技術員 (園芸試験場駐在) に
 高井 昭氏 (同上県土浦病害虫防除所) は同上県農業試験場害虫研究室長に
 石谷敏夫氏 (和歌山県果樹園芸試験場長) は和歌山県農業協同組合中央会へ
 落合幸文氏 (全購連本所資材部長) は全購連本所監事(常勤) に
 木村重雄氏 (同上大阪支所長) は同上所資材部長に
 浅井湧文氏 (同上本所資材部農業課長) は同上部次長に
 小島雄次氏 (同上福岡支所資材部長) は同上部農業課長に
 藤井福三氏 (同上東京支所肥料部長) は同上東京支所肥料・資材部長に
 木村仁平氏 (同上所資材部長) は同上本所運輸部総合課審査役に
 堀江 昭氏 (同上部配給課長) は同上東京支所肥料・資材部推進課長に
 藤田義市氏 (同上大阪支所次長) は同上名古屋支所長に
 池田万亀太氏 (同上名古屋支所資材部長) は同上所肥料・資材部長に
 高田好太郎氏 (同上部配給課長) は同上部推進課長に
 小森祐三氏 (同上本所資材部次長) は同上大阪支所長に
 今井七郎氏 (同上所飼料部原料1課長) は同上所次長に
 田久保一政氏 (同上大阪支所肥料部長) は同上所肥料・資材部長に
 丸山謙一氏 (同上所資材部配給課長) は同上部推進課長に
 車谷 実氏 (同上本所自動燃料部次長) は同上福岡支所長に
 桐山 博氏 (同上福岡支所肥料部長) は同上所肥料・資材部長に
 橋野隆彦氏 (同上所資材部配給課長) は同上部推進課長に

植物防疫基礎講座

昆虫の無菌的および半無菌的飼育法

農林省農業技術研究所 釜野 静也・湯嶋 健

はじめに

ここで述べるのは、栄養学的研究などの特別な目的でなく、とくに食葉性昆虫をいかに簡単な操作で効率的に多量に飼育することに重点をおいている。このような意味から、無菌的飼育法は一般的にいえばやや繁雑であり、またヨトウムシ類のように大型の昆虫で排泄物の多量にあるものではいろいろと困難な場合がある。また小型であっても共食いなどはげしいものでは一つの容器に単純に溶解し固ませた餌では多数の幼虫を飼育することは困難である。昆虫の大量飼育については次第に半無菌的飼育法が用いられてきているのも、これらの点からも理由があるわけである。

しかし、これら二つの飼育法にはかなり共通な面も持っており、その操作についても似ている。その重複した面あるいは似ている面については一方で解説し、他法では単に項目だけしか記していないから、通読されたい。

I 無菌飼育法

一般には三角フラスコを用いているが、別にフラスコである必要は何もない。スクリューコックのびんを用いても一向さしつかえない。ここでは、ニカメイチュウなどで広く用いられている三角フラスコでの方法を中心にして述べる。またすでに何回か解説(石井, 1959; 湯嶋, 1962, 1965)があるのであるべく、今までに述べられていないことに重点をおいて話を進めたい。

1 フラスコの綿栓

少し固めにする。これは雑菌の混入を防ぐと同時に、餌が飼育中乾燥するのを防ぐためにも必要である。

2 乾熱滅菌

綿栓したフラスコは150~160°Cまで熱して放冷する。

3 餌成分の秤量

ニカメイチュウの例を第1表に示した。餌成分を秤量し、フラスコに入れ、水を加える。よく混合した後綿栓しパラフィン紙でおおい輪ゴムでとめる。

4 オートクレーブ滅菌

11 ポンド(約 112°C)で 30 分間加圧滅菌する。

5 アスコルビン酸の添加

オートクレーブで滅菌した餌が放冷によって 60°C

第1表 ニカメイチュウの餌の成分組成

水	50.0 ml	エビオス	1.0 g
粉末寒天	0.6 g	無機塩混合	0.2
粉末ろ紙	1.0	コレステロール	0.02
ブドウ糖	0.5	コリンクロライド	0.05
ショ糖	0.5	アスコルビン酸ソーダ	0.3
カゼイン	1.5	デヒドロ酢酸ソーダ	0.01
ふすま	2.0	1% ホルマリン	2.0 ml

(手でさわっても平気な程度。ただし、中はかなり熱いから気をつけること)になったら、2% ホルマリン液にとかしたアスコルビン酸を添加し、よく混合する。

6 卵の接種

常法に従って無菌箱内で接種する(湯嶋, 1965を見よ)。

7 卵の滅菌法

現在行なわれている無菌飼育法(フラスコ法)における最大の欠点は、昆虫自体の病気が後に混入するおそれはないかわりに、一度菌類やバクテリアが混入すると急速に繁殖する。かなり完全に滅菌操作をすることによって防腐剤などの添加を少なくしている点は利点であると同時に欠点ともなっているわけである。

この汚染の原因は、大部分卵の接種時に使用する器具の滅菌の不完全、卵の滅菌の不完全であったために起こる。器具の滅菌は完全を期して十分に行なえばよいが、卵の滅菌は卵に生理的に障害を与えることなく、しかも滅菌を完全に行なうという必要があって、重大な問題の一つとなっている。

ニカメイガのように紙に卵塊を産みつけ、殺菌剤にも比較的強いものでは、従来もしばしば書かれているように、まず 70% アルコールに 10 秒内外浸漬し(この操作によって卵塊の表面のぬれがよくなる)、次いで 0.1% の昇コウ水に 4~5 分間浸漬して卵の表面を十分に滅菌する。次いでただちに洗浄用の 70% アルコールで昇コウ水をよく洗い落として飼料の入ったフラスコの上部内側にはりつける。

しかし、昆虫の卵には昇コウ水に非常に弱いものが多い。このような場合に他の殺菌剤を用いなければならない。その一例としてヨトウムシの場合を第2表に示しておいた。このうちで、0.2% 次亜塩素酸ソーダ 10 分間および 2% ホルマリン 10 分間の殺菌卵を飼料に接種しても雑菌の混入は見られずふ化も正常に行なわれた。し

第2表 ヨトウムシ卵の殺菌剤およびその時間と卵のふ化との関係

殺菌剤と濃度	殺菌時間	供試卵数	ふ化数
0.1% 昇コウ水	4分間	43	4
0.1% 次亜塩素酸ソーダ	20	37	33
0.2% "	10	57	55
"	20	42	42
0.5% "	10	44	43
2% ホルマリン水	10	81	79

かし、一般的には、ホルマリンなどは昇コウ水よりも滅菌力が劣るから、蛹、産卵装置、産下卵などをあらかじめできるだけ清浄に保っておくことが望ましい。

一般にふ化後卵殻をたべるものは殺菌剤に弱い傾向があり、殺菌剤で滅菌した後の洗浄を十分に行なうことが必要である。また卵塊の上に成虫の体毛でおおわれたもの、たとえばハスモンヨトウのようなものでは滅菌法について一層の工夫が必要である。できうれば成虫の体毛を卵塊上より取り除かないと、洗浄液がなかなか蒸散しない。また次亜塩素酸ソーダによる滅菌では卵塊がほごれて1卵ずつばらばらになるものが多いから、その処置を考えておくことが必要である。

このように種によって卵の感受性が異なるために滅菌法を変えなければならないから、飼育を始める前に殺菌剤の種類、その補助剤、殺菌時間、滅菌法などを検討しておくべきである。

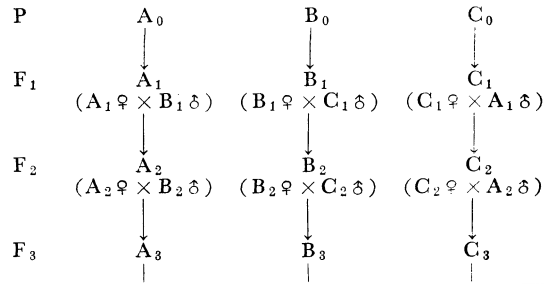
なお、卵を接種する場合はフラスコの口を横に向けて接種し、袖口から雑菌の混入がないようにする。また卵を餌のある部分、すなわち底の部分におとすと過湿になってふ化しないことが多い。また、フラスコの管壁に水滴の付着している場合も同じである。この場合には30°Cくらいの恒温器に1晩入れると簡単に水滴は消失する。

これで一応の接種が完了したわけで、あとは常法どおりフラスコの口の締栓の接している部分をバーナーで焼いて殺菌する。

採卵：採卵はできるだけ生体植物上に産卵させるのではなく、紙の上に行なわせることが必要である。その一部については、湯嶋が本誌上に記しておいた。しかし、イネヨトウのように紙の上に産ませることが困難なものもあって、アイデアを要求される事項である。生体植物上に産みつけられた卵はなかなか滅菌が完全に行なわれないからである。

交配法：人工飼料、とくに無菌的飼育では、幼虫時代の死亡が少なく、かなりの成虫が得られるが無計画な交配を行なうとたちまち産卵が行なわれなくなる。たとえ

ば、ニカメイガ、コカクモンハマキなどでは、同一卵塊の交配(同系交配)を行なうと、2、3世代でほとんど産下しなくなったりふ化しなかったりする。このような障害に対しては第1図に示すような循環交配が有効である(釜野・深谷, 1965, 1966; 玉木, 1967)。



第1図 循環交配の方法

循環交配についてはあまり知られていないので、ここで若干の解説をしておきたい。成虫または卵をたとえば三つのグループ(A, B, C)に分けてそれぞれ飼育を行なう。蛹の時代に雌雄別にわけ、Aの雌にBの雄、Bの雌にCの雄、Cの雌にAの雄を交配させる。A × Bの子供をA, B × CをB, C × AをCとし、以下同様に交配をくり返す。

こういってしまうと一見簡単のようだが、循環交配をくり返すためには各グループの生育が揃っていなければただちに交配は不可能になる。このため、各グループともかなりの数の虫を飼育することが必要である。

また、同系交配が可能である昆虫でも、同系交配が別にすぐれているわけでは決してない。世代を重ねるためにはある程度以上に大量に飼育することが必要であって、かなりの労力を要することを忘れてはならない。

II 半無菌的飼育法

餌の調整法などは無菌的飼育法とほとんど変わりがないが、ここではもっぱら簡単に能率的にという面でかなりの成果を取めているコカクモンハマキを中心にして話を進めたい。

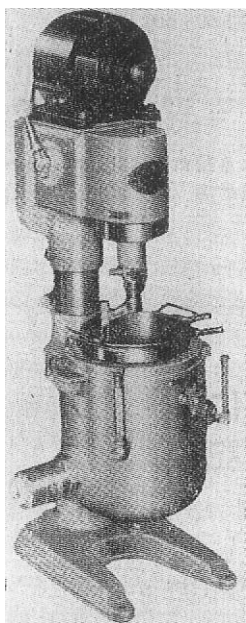
1 餌の調製

餌の組成は第3表に示すとおりである。実際には、現在この20倍量を1度に調製している。

ステンレスの容器に寒天および水を入れ、蒸気中で(実際にはオートクレーブに圧をかけずに使用している)でよく溶解する。次いでキノコおよびエビオスを加えて、これを攪拌機(第2図)でよくかきまぜる。かなり冷えたら、プロピオン酸ソーダとデヒドロ酢酸ソーダを水に溶解した液(したがって、最初に加えた水はこの分量だけ

第3表 コカクモンハマキの食餌の成分組成
(玉木, 1967)

キ	ナ	コ	10 g
チ	粉	末	6
エ	オ	ス	2
寒	天		1.4
プロピオン酸ソーダ			0.2
デヒドロ酢酸ソーダ			0.025
塩酸 (4N)			1.0
水			47.0 ml



第2図 餌の攪拌に使用している攪拌機

少なくしておく)を加えてよくかきまぜ、次いで4Nの塩酸を加えて同様の操作を行なうだけで、全操作が終わったことになる。

アスコルビン酸を加える必要がある時は、殺菌剤の中に加えて行なう(場合によってはホルマリン液を加える)。この餌はコカクモンハマキ用でかなり水分が少ない。

2 防腐剤

半無菌的条件下で飼育する場合には、操作は簡単であるが、滅菌操作は厳密に行なっておらないし、餌の組成は無菌的な餌とほとんどかわって

ないから、防腐剤が雑菌の繁殖防止に大きな役割を占めている。この防腐剤として現在用いられているものは、食品添加物として使用されている防腐剤と抗生物質がほとんどである。

すなわち、プロピオン酸、ソルビン酸、デヒドロ酢酸のソーダ塩(プロピオン酸を用いることもある)、パラオキシ安息香酸ブチル、パラオキシ安息香酸メチル、塩酸、ペニシリンG、ストレプトマイシン、オーレオマイシン、カナマイシン、パイマイシンなどである。

しかし、上記防腐剤を単独で使用している例は少ない。たとえば、イラクサキンウバ *Trichoplusia ni* の飼料で防腐剤の実験があるがパラオキシ安息香酸メチル(2,000 ppm)、ホルムアルデヒド(370 ppm)、ソルビン酸(2,000 ppm)をそれぞれ単用したもので7日間で60~100%に雑菌が現われ、その4倍量を使用したものでも完全でな

い。ところが、これら3種を混合した場合には14日後も雑菌はみられなかったという。

単剤で5日間以上も飼料に雑菌が生じないほど加えれば、昆虫の生育に異常を来し、ある場合には死亡する。単剤で、各種のカビおよびバクテリアをおさえることはむづかしいから、いくつかの防腐剤あるいは抗生物質の特性を生かして、昆虫の生育阻害が起こらない範囲の薬量で組み合わせをしているわけである。

前記のコカクモンハマキの場合には幼虫期間中一度も餌の交換を行なうことなく容器中で蛹化が行なわれる。また、最近アメリカで2,3の昆虫の半無菌飼料に防腐剤として、パラアミノ安息香酸メチル(0.15~0.35%)、ホルムアルデヒド(0.02~0.09%)、オーレオマイシン(0.02~0.03%)の3種の混用によってかなりよい防腐的な効果を示している。しかし、諸外国のデータはわが国のように湿度が高く菌量の高い国では必ずしも直接の参考にはならない。このためには、餌の調製室、飼育する室全体の菌量を可及的に少なくすることが必要である。できれば無菌に近い室で飼育することが、収率を高くするわけである。

また、昆虫の種類によって防腐剤に対する感受性が異なっているようで、コカクモンハマキではデヒドロ酢酸と塩酸とを同時に用いても異常がないが、ニカメイガ幼虫では飼料に塩酸が入ると生育がいちじるしく阻害される(釜野, 未発表)。

また食餌の組成が異なった場合には防腐力には差があり、ことに水分量が多くなると防腐力は急速に劣ってくる。このようにさまざまな条件によって防腐剤の効果は異なってくるから、一般的にどの防腐剤が良いかということを決定するにはそれぞれの検討が必要である。

3 飼育容器

飼育容器は簡便、安価、軽量などさまざまな理由から、次第にガラス容器からプラスチック製品が用いられるようになってきている(口絵写真)。このようにプラスチック容器が用いられている反面、一度使用した容器をもう一度使用すると、その滅菌は必ずしも簡単ではない。よく洗った後、次亜塩素酸ソーダ液でよく洗うとか、ソルビン酸を95%アルコール中に1%ぐらいの割合でとかして、これを噴霧してコーティングする方法がとられている。

このような手段と、もう一つは使い捨てである。たとえばアイスクリーム容器のようなものに、1容器2匹ずつぐらい飼育し、飼育後は捨ててしまうのである。この方法は高価のように思えるけれども、病原微生物の感染を防ぐ意味からも良い。また、容器の洗浄、消毒殺菌に

要する労賃を考慮すると、必ずしも高くはない。このような装置の開発が今後一層必要となってくるだろう (BURTON, 1967)。

4 幼虫の密度

幼虫の密度をどのくらいにするか、また同一容器に多数の幼虫を飼育する場合に起こる共食いをいかに防ぐかということとはしばしば必要な要件である。コカクモンハマキでは、飼料の支持体としてパラフィン紙を用いてサンドウィッチ状にすることによって寄主植物葉の状態に物理性を近づけ大量飼育に成功したのはその一例といえる (玉木, 1967)。

文 献

BURTON, R. L. (1967): Agr. Res. Serv., USDA, ARS-33-117, pp. 12. (ヨトウムシ類の人工飼育)
 FUKAYA, M. and KAMANO, S. (1957): Mass Rearing of the Rice Stem Borer in "The Major Insect Pests

of the Rice Plant", Johns Hopkins Press. pp. 729. (borer の人工飼育)

石井象二郎 (1956): 「昆虫実験法」日本植物防疫協会 pp. 858 のうち (総説)

釜野静也・深谷昌次 (1965): 応動昆 9 (2): 89~93. (交配法)

SMITH, C. N. ED. (1966): Insect Colonization and Mass Production, Academic Press. pp. 618.

(一読されたい)

ТАМАКИ, Y. (1966): Appl. Ent. Zool. 1 (3): 120~124. (ハマキガ類の人工飼育)

玉木佳男 (1967): 農薬検報 7: 56~60.

(ハマキガ類の人工飼育)

湯嶋 健 (1962): 農業技術 17: 172~175, 212~215, 269~273, 314~317, 369~372, 419, 422, 526, 529, 581~586. (総説)

——— (1965): 人工食餌による昆虫の飼育 pp. 32~59, 「新農業研究施設」朝倉書店 pp. 303 のうち. (総説)

病虫害発生予察特別報告第 23 号

南方定点観測船上の飛来昆虫調査ならびに セジロウカの異常飛来と発生源に関する記録

180 円 (〒 サービス)

B 5 判 36 ページ

43 年 12 月に農林省農政局植物防疫課がまとめた書で、下記 5 論文を集録

南方定点観測船での害虫移動調査 (農事試) 三田久男 定点観測船上の飛来昆虫調査 (農技研) 長谷川 仁
海上飛来の昆虫類の調査について (予防衛生研) 朝比奈正二郎

南方定点観測船「おじか」に飛来したウンカ類について (気象庁) 鶴岡保明

セジロウカの異常飛来とその発生源をめぐって (農技研) 奈須壮兆

ご希望の方は直接本会へ前金 (現金・振替・小為替・切手でも可) でお申込み下さい。

本書は書店には出ませんのでご了承下さい。

8 月号をお届けします。この機会にご製本下さい。

「植物防疫」専用合本ファイル

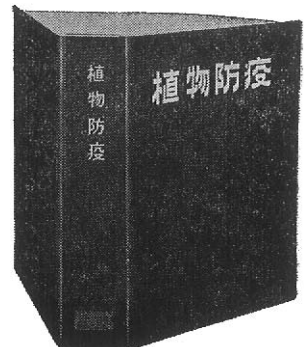
本誌名金文字入・美麗装幀

本誌 B 5 判 12 冊 1 年分が簡単にご自分で製本できる。

- ①貴方の書棚を飾る美しい外観。 ②穴もあけず糊も使わず合本ができる。
- ③冊誌を傷めず保存できる。 ④中のいずれでも取外しが簡単にできる。
- ⑤製本費がはぶける。

1 部 頒価 200 円 送料 本会負担

ご希望の方は現金・振替・小為替で直接本会へお申込み下さい



日米セミナー—殺虫剤の毒理—

農林省農業技術研究所 能 勢 和 夫

前回(本誌第21巻第11号31~32ページ)を發展させ「殺虫剤の毒理」という副題の下に、梅雨にけむる東京タワーに近い農林年金会館6階で、日本側組織者山本出教授以下10名、アメリカ側R. D. O'BRIEN教授以下7名ほかに傍聴者十数名が参加し、和気あいあいに進行した。以下に印象的な部分を抜き書きしておく。

O'BRIEN教授の講演は「電気エイ、イエバエ、ネズミのin vitroアセチルコリン受容体の特性」である。アセチルコリンAcChが結合して生物反応を起こす相手は何なのかよくわかっていないが、ニコチンがこの受容体と結合し、あたかも過剰のAcChができたかのように作用し虫を殺すのは確からしい。AcChは組織中にあるAcChEのために分解するので、これによく似たmascaroneを代わりに使って成功した。これは分解せずに受容体と可逆的に結合し、生物反応を起こす。³H-mascaroneを電気エイの神経組織のホモジネートに加えて、上清中に残る³Hから結合度を測定する。受容体との反応が予想される薬剤はmascaroneの結合を妨害し、受容体と関係ないとされるものは結合に影響しなかった。分解抑制剤としてパラオクソンを添加すればAcChはmascaroneの結合を妨害し、これからAcChの結合定数 $1.1 \times 10^{-6}M$ を算出できた。mascarone結合能はpHによって左右され、また、煮沸によっても失われるが、凍結や凍結乾燥では失活しない。電気エイとイエバエとでは阻害薬剤のパターンが異なっている。

G. HANSCHの講演は「農薬設計における物理化学パラメータと回帰分析の利用」である。疎水性、電子性、立体障害の3者が薬剤の生物活性に主として影響するとの考えの下に、これらを適当なパラメータで表わして、その影響の度合を数学的に解析する。アルキル基Rだけが異なるp-ニトロフェニルエチルホスホン酸についてMETCALFらが報告しているChE阻害のデータを使い、阻害定数logKとRに関するパラメータとの一次回帰を求めたところ、Taftのsteric parameterを補正したHANOCKのパラメータ E_s^C との回帰が、標準偏差が最小で、高い相関係数0.927が得られた。疎水性を表わすオクタノール:水の分配係数や π 電子性を表わすTaftの極性定数 σ ではいずれも標準偏差が大きく、相関係数が小さかった。また、これらの3パラメータを結合させても大した改善にはならず、この場合は立体障害が最も

重要な因子と考えることができる。

P. A. DAHMは「パラチオンおよびダイアジノン代謝の様相」に関し、オルソドックスな手法と考え方の下に遂行された研究について講演した。マイクロゾームは O_2 と $NADPH_2$ との存在下で、パラチオンなどのオクソンへの活性化と脱ニトロフェニル化などの失活化を同時に行なう。P=SのSは硫酸塩として検出される。この系はパラオクソンのようなリン酸エステルには作用しない。脱ニトロ化物中のSがそれ以降の反応で硫酸塩にならないことは別の実験で確かめてあるので、硫酸塩は活性化の結果生成したものらしい。両反応が同一酵素によるものかどうかは不明だが、多分異なる系によるのだろう。

R. M. HOLLINGWORTHは「肝臓酵素によるリン酸エステルの開裂」と題し、上清、マイクロゾーム、ミトコンドリアによる分解とGSH, $NADPH_2$ などのco-factorについて述べた。スミチオンなどが上清中ではGSHにより脱メチル化されることは戸原らが明らかにしたが、ネズミを沃化メチルで処理しGSHを消費させ1時間後にリン剤を与えるとパラチオンの毒性は1.4倍になるに過ぎないが、スミチオンでは12倍になる。

D. J. HENNESSYの講演は「カルバミン酸エステル協力剤の可能性」に関する一般的概説で、協力剤の機構は解毒機構の破壊にあるが、それには金属イオンとの錯合体形成によるフリーラジカル生成機構も考えられる。

F. W. PLAPPは「殺虫剤抵抗性の分子生物学」という大きな題目の下に、これまで見つけられているDDT、ディルドリン、アリエステラーゼ、オキシダーゼ、有機錫に関する抵抗性ジンについて説明した。抵抗性に関するジンは、(1)解毒機構に関係ある優勢または半優勢ジンは、(2)解毒機構以外の機構に基づく劣勢ジンに分類され、前者は協力剤により打破されるが、後者を破る手段はまだ開発されていない。

YUN-PEI SUNは最近導入したinfusion法を殺虫試験に取り入れて、化学構造と死亡率について有益な示唆をしたようだった(筆者のpoor Englishにご寛容を)。

日本側講演も珠玉ぞろいだったが紙数の都合で、氏名だけに止める。山本出(農大)、加藤隆一(国衛試)、栗原紀夫(京大)、藤田稔夫(京大)、鉦塚昭三(理研)、深見順一(理研)、齋藤哲夫(名大)、江藤守総(九大)、宮本純之(住友化学)、坂井道彦(武田薬品)の諸氏。

防疫所だより

○輸入秋植球根の隔離検査終わる

新潟県下で隔離栽培されている輸入秋植球根 253 万球の栽培地検査が 4 月下旬に行なわれた。また、5 月中旬にはヒヤシンス 141 万球について 2 回目の検査を黄腐病対象に実施した。ウイルス罹病株は検査の効率をはかるため、生産者に事前に抜き取らせるよう指導しているが、罹病が 30% にも達するヒヤシンス (品種パナマ) などは抜き取りが十分でなく、検査に相当の時間を費やした。ヒヤシンスでは、かなりのタバコラットウイルスが発見されたが、チューリップではほとんど発見されなかった。黄腐病は地区によって 2 次感染による被害が目だったが、抜き取りの早かったところでは、感染がほとんどみられなかった。 [横浜]

○大和隔離圃場に恒温槽

ウイルス検定法の一つに、検定植物の葉をシャーレ内に入れ、検定しようとする植物の汁液を接種するシャーレ内検定法があるが、激増する隔離物件のウイルス検定に対処するため、このほど大和隔離圃場に恒温槽が整備された。

この恒温槽は 2 室からなり、各室とも温度、照度を自由に調節できるようになっている。恒温槽の導入により 1 本の検定植物で数多い隔離植物を短時間に検定することが可能となり、今後の成果が期待されている。

[横浜]

○四日市港でコンテナ基地の建設進む

——今年 9 月入港を目標に——

現在四日市港第 3 埠頭に 20,000 t 級コンテナ船が接

岸できる岸壁と、約 40,000m² の建設が、この 8 月末完成をめざして進められている。設備としてはガントリークレーン 1 基と、ランプウェー 1 基が設けられる計画であり、9 月から 2 社・4 隻のコンテナ船が 2 週間に 1 回、10 月以降はさらに 2 社がこれに加わる予定である。

これらのコンテナ船は、いずれも日本とオーストラリア間に就航するもので、コンテナ内容物は羊毛が主体となると考えられるが、モルト、ミレットシードなど植物検疫対象品も、順次コンテナに切り換えられると予想されている。 [名古屋]

○昭和 43 年の穀類などの輸入は 500 万 t

昭和 43 年の神戸植物防疫所管下における穀類などの輸入検査数量は、食糧 139.2 万 t (前年比 5.4% 減)、餌料 207.6 万 t (同 20.8% 増)、油料 147.6 万 t (同 21.3% 増)、ダイズを除く豆類 10.6 万 t (同 17.3% 減)であった。

それぞれの内訳は、コメ 9.4 万 t、コムギ 109.3 万 t、オオムギ 14.9 万 t、その他 5.6 万 t、飼料原料ではトウモロコシ 140 万 t、マイロ 50 万 t、アルファルファ 9.8 万 t がおもなもので、油糧原料ではダイズ 82.6 万 t、棉実 21.2 万 t、ナタネ 11 万 t、コプラ 10 万 t などがおもなものである。

年々飼料原料の輸入が増加しており、また、大型船による輸送、基地的特定港への集中、そこから他港への機帆船などによる回送という輸送形態の傾向がますます強くなっている。 [神戸]

中央だより

— 農 林 省 —

○第 7 回東南アジア太平洋地域植物防疫委員会開催さる

第 7 回東南アジア太平洋地域植物防疫委員会は、さる 7 月 15 日から 23 日までの 9 日間、ニューカレドニアにおいて開催された。わが国は、東南アジア太平洋地域植物防疫協定には未加入のためオブザーバーとして、農林省農政局植物防疫課安尾 俊課長が出席した。

今回の委員会においては、地域拡大に関する問題、植物検疫上の諸問題、植物防疫に関する専門技術者の養成、次期開催地の問題などが検討された。

○セジロウんカおよびトビイロウんカが多発について通達さる

農林省はセジロウんカおよびトビイロウんカが多発が懸念されるので、44 年 7 月 31 日付け 44 農政第 3964 号をもって農林省農政局長より各地方農政局長および北海道知事あてに下記のとおり通達された。

セジロウんカおよびトビイロウんカが多発について 昭和 44 年 7 月 26 日付け 44 農政第 3895 号、昭和 44 年度病害虫発生予報第 4 号で通知したとおり、セジロウんカは、6 月中旬以降日本国内はもちろん南方定観測船上および東シナ海の魚群調査船上でも異常飛来が認められ、また全国各地で多発をみている。

気象予報等も考慮すると、セジロウンカは今後も多発するものと予想される。またトビロウンカもセジロウンカとほぼ同様な異常飛来が認められ、生息密度が高まっているが、セジロウンカの増殖が鈍化する8月中旬から9月にかけて多発する可能性がある。

すでに、都道府県においては、これが対策について十分配慮していることと考えるが、下記事項に留意し、防除に遺憾のないよう貴職管轄の都府県に対する通知および指導をお願いする。

なお、都道府県における警報および注意報の発表状況は別紙のとおりである。(別紙略)

記

1. 今後の発生動向に注意し、時期を失することなく稲株の下部まで薬剤が到達するよう十分防除を行なうこと。

2. ニカメイチュウの防除によるセジロウンカおよびトビロウンカの併殺効果程度をよくみきわめ、併殺効果が十分でない場合にはこれらウンカを対象に単独防除を行なうこと。

3. トビロウンカについては、とくに9月上・中旬における若令幼虫の生息密度に注意し、早めに防除を行なうこと。

○植物防疫所出張所5カ所新設さる

植物防疫所の下記5出張所がこのたび新設され、それぞれ検疫業務を開始した。

☆横浜植物防疫所直江津出張所

新潟県直江津市大字直江津 861 番地

☆名古屋植物防疫所西部出張所

名古屋市港区海岸通り 5 の 2 名古屋港湾合同庁舎
名古屋植物防疫所気付

☆同蒲郡出張所

愛知県蒲郡市港町 16 番 19 号
中央公民館内

☆神戸植物防疫所高松出張所

香川県高松市玉藻 10 の 10

☆門司植物防疫所三池出張所

福岡県大牟田市新港 1 番地
株式会社三井三池港務所内

なお、同出張所長は本号 34 ページ「人事消息」らん参照のこと。

○昭和 44 年度病害虫発生予報第 3 号発表さる

農林省では 44 年 6 月 28 日付け 44 農政第 3330 号で病害虫の発生予報第 3 号を発表した。その概要は下記のとおりである。

(イネ)

1 いもち病

葉いもちの発生時期：西日本の一部でやや早、一般的には並～やや遅、北陸以北ではほとんど未発生。発生量：近畿の一部でやや多、その他の地方ではやや少。発生時期は遅れる予想。発生量は北日本ではやや多の予想。

日本海側では並～やや多、その他の地方では概して並の発生予想。

2 黄化萎縮病

少発生。日本海側はやや多、一般的には並～やや少の発生予想。

3 白葉枯病

近畿以西の一部で発生確認、少発生。少発生予想。

4 紋枯病

北陸、東海、四国、九州のそれぞれの一部で発生確認、少発生。並～やや少の発生予想。

5 ツマグロヨコバイと萎縮病

ツマグロヨコバイ 2 回成虫時期：局地的にやや早、一般的には並～やや遅。発生量：東北、関東、東海、近畿、四国、九州のそれぞれの一部でやや多、その他の地方では並～やや少。第 2 世代幼虫は各地で点々とやや多の所があるが、一般的には並の発生予想。萎縮病：関東以西で発生確認、一部の地方ではやや多。四国、九州では並～やや多、その他の地方では並～やや少の発生予想。

6 ヒメトビウンカと縞葉枯病

ヒメトビウンカの第 2 回成虫の発生時期：地域による変動大。発生量：関東、四国、九州のそれぞれの一部でやや多、その他の地方では並～やや少。縞葉枯病の初発生：並～やや早。発生量：少。ヒメトビウンカの第 2 世代幼虫による感染は局地的にはやや多、一般的には並～やや少の予想。

7 ニカメイチュウ

第 1 回成虫の発蛾最盛期：並～やや早の所が多。発蛾量：局地的にやや少、一般的には並～やや多。発蛾型は 2 山以上の予想。第 1 世代幼虫は並～やや多の発生予想。

8 イネヒメハモグリバエ

発生時期：並～やや早。発生量：寒冷地では並～やや多、その他の地方では並～やや少。北日本およびその他の寒冷地ではやや多の発生予想、その他の地方では次第に終息に向う予想。

9 イネハモグリバエ

発生時期：並～やや早。発生量：東北の一部でやや多、その他の寒冷地ではやや少～少。並の発生予想。

10 イネドロオウムシ

越冬成虫の飛来時期：地域による変動大。発生量：寒冷地では並～やや多。やや多の発生予想。

11 イネクロカメムシ

越冬成虫の飛来時期：並～やや遅。発生量：やや少。少の発生予想。

12 イネカラバエ

第 1 回成虫の発生時期：並。発生量：局地的にやや多、一般的には並～やや少。局地的にはやや多、一般的には並～やや少の発生予想。

13 イネアオムシ

東北の一部でやや多、一般的には並～少。関東以北の一部でやや多、その他の地方ではやや少の予想。

14 セジロウンカおよびトビロウンカ

関東、北陸、中国、四国のそれぞれの一部および九州で発生を確認、6 月中旬には九州の一部で、6 月下旬に

は関東、北陸以西の各地で異常飛来を確認。7月上旬までの発生動向に要注意。

(カンキツ)

1 そうか病

東海、中国、九州のそれぞれの一部でやや多、その他の地方では並～やや少。一部の地方でやや多、全般的には並～やや少の発生の予想。

2 かいよう病

九州の一部でやや多、全般的にはやや少。やや少の発生の予想。

3 黒点病

中国、四国、九州のそれぞれの一部でやや多、その他の地方では並～やや少。並～やや多の発生の予想。

4 ヤノネカイガラムシ

第1世代幼虫の発生最盛期：並～やや早。発生量：近畿、四国、九州のそれぞれの一部でやや少、その他の地方では並～やや多。第2世代幼虫の発生時期は並～やや早の予想。発生量は並の予想。

5 ミカンハダニ

地域差が非常に大、全般的には並～やや少。西日本では並～やや多、その他の地方では並の発生の予想。

(リンゴ)

1 斑点落葉病

東北の一部でやや多、全般的には並～やや少。北日本では並～やや多の発生の予想。

2 モモシンクイガ

第1回成虫の羽化初め：並。第1回成虫の産卵は並～やや少の予想。

3 コカクモンハマキ

第1回成虫の初飛来：並～やや遅。発生量：並～やや少。第2回成虫の発生時期は並～やや遅の予想。発生量は並～やや少の予想。

4 クワコナカイガラムシ

越冬世代幼虫の発生量：東北の南部でやや多、全般的には並。第1世代幼虫の発生量は並の予想。

5 リンゴハダニ

全般的に並～やや少。並～やや少の発生の予想。

(ナシ)

1 黒斑病

全般的に少の発生。並以下の発生の予想。

2 黒星病

関東の一部および日本海側でやや多、その他の地方では少。関東の一部および日本海側でやや多、その他の地方ではやや少の発生の予想。

3 シンクイムシ類

ナシヒメシンクイ、ナシマダラメイガともに並～やや少。並～やや少の発生の予想。

4 ハダニ類

東北、関東のそれぞれの一部で少、中国の一部でやや多、その他の地方では並。局地的にはやや多、全般的には並の発生の予想。

(モモ)

1 黒星病

初発生：並～やや遅。発生量：やや少～少。関東の一部を除き並～やや少の発生の予想。

2 灰星病

初発生：関東の一部で早。発生量：関東の一部で多、その他の地方では少。関東以北ではやや多の発生の予想。

3 シンクイムシ類

ナシヒメシンクイ、モモノメイガともに少の発生。局地的には並、全般的には少の発生の予想。

(ブドウ)

1 うどんこ病

並～やや少。並～やや少の発生の予想。

2 フタテンヒメヨコバイ

中国の一部でやや多、その他の地方では並～やや少。中国、関東のそれぞれの一部ではやや多、その他の地方では並の発生の予想。

(カキ)

1 カキノヘタムシガ

第1回成虫の発生時期：並～やや早。発生量：東海、近畿ではやや多、その他の地方では並。第1世代幼虫の果実への転食時期は並～やや早の予想。発生量は並～やや多の予想。

2 フジコナカイガラムシ

並～やや少。並～やや少の発生の予想。

(チャ)

1 コカクモンハマキ

第1世代幼虫の発生量：埼玉でやや多、静岡で少、その他の地方では並。各地で第2回成虫の初飛来を確認。第2世代幼虫の発生時期、発生量ともに並の予想。

2 チャノホソガ

第2回成虫の発生時期：並～やや早。発生量：京都、鹿児島を除きやや多。第2世代幼虫の発生時期は並の予想。発生量はやや多の予想。

3 カンザワハダニ

京都ではやや少、その他の地方ではやや多。並～やや多の発生の予想。

注 作物名、病害虫名、現況、予想の順で記載

○昭和44年度病害虫発生予報第4号発表さる

農林省では44年7月26日付け44農政第3895号で病害虫の発生予報第4号を発表した。その概要は下記のとおりである。

(イネ)

1 いもち病

葉いもちの発生時期：並～やや遅。発生面積：関東、北陸、東海、四国、九州のそれぞれの一部でやや多、その他の大部分の地方ではやや少。発病程度：軽い傾向。北海道から北陸は並、その他の地方では並～やや少の発生の予想。穂いもち：西日本の早期栽培の一部で発生。北日本では並～やや多、その他の地方では並の発生の予想。

2 白葉枯病

北海道以外の各地で発生確認。発生時期：やや早。発生量：中国以西では並～やや多、その他の地方の大部分で並～やや少。関東、北陸以西では並～やや多、その他の地方では並～やや少の予想。

3 紋枯病

発生時期：一部の地方でやや早，全般的に並～やや遅。
発生量：関東，北陸，東海，中国，四国，九州のそれぞれの一部でやや多，その他の地方では並～やや少。西日本ではやや多～多，その他の地方では並の予想。

4 ニカメイチュウ

第1世代幼虫の発育：関東，北陸，東海，近畿のそれぞれの一部でやや早，その他の地方では並～やや遅。発生量：地域変動大，並。第2回発蛾最盛期，発蛾量ともに並の予想。

5 セジロウソク

異常飛来：6月中旬以降各地で，6月下旬広範囲に確認。密度：高。全国的に多発生。多発生の予想。要警戒。

6 トビイロウンカ

東北の一部および関東以西で発生確認。やや多～多。九州南部で坪枯れ。徐々に増加，多の発生の予想。

7 ツマグロヨコバイ

東北，関東，北陸，近畿，四国，九州の一部でやや多，その他の地方では並～やや少。関東，北陸以北でやや多，その他の地方では局地的にはやや多，全般的には並の予想。

8 イネツトムシ

発生時期：並～やや早。発生量：並～やや多。並～やや多の発生の予想。

9 アヲヨトウ

各地で発生確認。日本海側，九州のそれぞれの一部で多。集中豪雨を受けた所は要注意。

10 コブノメイガ

各地で発生確認。九州の一部で多。今後要注意。

(ミカン)

1 かいよう病

関東，中国，四国，九州のそれぞれの一部でやや多～多，その他の地方では並～やや少。並の発生の予想。

2 黒点病

四国の一部でやや少，全般的には並～やや多。並の発生の予想。

3 ヤノネカイガラムシ

第1世代幼虫の発生最盛期：並～やや遅。発生量：近畿，四国のそれぞれの一部でやや少，その他の地方では並～やや多。第2世代幼虫の初発生は並～やや遅の予想。発生量は並の予想。

4 ミカンハダニ

近畿，四国，九州のそれぞれの一部でやや多～多，その他の地方ではやや少。やや多の発生の予想。

(リンゴ)

1 斑点落葉病

東南北部ではやや少，その他の地方では並～やや多。並～やや多の発生の予想。

2 モモシシキイガ

第1回成虫の羽化時期：並～やや遅。産卵量：並～やや少。第2回成虫の発生時期は並～やや遅の予想。発生量は並～やや少の予想。

3 リンゴハダニ

並～やや少。増加傾向の所多。並の予想。

(ナシ)

1 黒斑病

東北の一部でやや多，全般的にはやや少。並～やや少の発生の予想。

2 黒星病

北陸の一部でやや多，全般的にはやや少。並の発生の予想。

3 ナシヒメシシキイガおよびナシマダラメイガ

少。少の発生の予想。

4 ハダニ類

ミカンハダニ：関東の一部でやや多。アウトウハダニ：北陸の一部でやや多，その他の地方では少。並の発生の予想。

(ブドウ)

晩腐病

幼果での発生量：関東の一部で少，全般的には並～やや多。並～やや多の発生の予想。

(カキ)

1 炭そ病

並～やや少。やや少の発生の予想。

2 カキノヘタムシガ

第1世代幼虫：東海，近畿ではやや多，その他の地方では並～やや少。第2世代幼虫の発生時期は並の予想。発生量は東海，近畿ではやや多，その他の地方では並～やや少の予想。

3 フジコナカイガラムシ

東日本ではやや多，西日本ではやや少。現況と同じ傾向。

(チャ)

1 コカクモンハマキ

第2回成虫の発生時期：並～やや早。第2世代幼虫の発生量：並～やや少。第3回成虫の発生時期は並～やや早の予想。発生量は並～やや少の予想。

2 チャノホソガ

第3回成虫の初飛来：並～やや早。発生量：京都，鹿児島を除き並～やや多。滋賀以東では並～やや多，京都以西ではやや少の予想。

3 カンザワハダニ

並～やや少。並～やや少の発生の予想。

注 作物名，病害虫名，現況，予想の順で記載

一本 会

○農業の微量散布に関する現地研究会開催さる

最近農業の空中微量散布事業が実用化され，新しい省力防除技術として注目されているが，一方，これと同時に地上における農業微量散布技術の開発についても研究が進められ大きな関心もたれている。このような事態に対処するため，今年より新しく本会内に「微量散布研究会」を設けて，地上における農業の微量散布技術の究明確立にあたることになった。

本研究会はとりあえず事業活動の手始めとして，本年度兵庫県において，農業機械化研究所試作による微量散布装置の圃場試験が実施されるのを機会に，同研究所と

共同の下に第1回の現地研究会を開催した。

7月17日、兵庫県立農業試験場経営実験部において農林省関係官、県担当関係者、農業メーカーおよび防除機械メーカー技術者(28社)、関係団体など約100名が参会し、午前9時より講堂において農業機械化研究所武長主任研究員より試験の実施方法および背負動力散布機用微量散布装置の細部について説明があり、10時30分より実際圃場において農業機械化研究所試作品の微量散布装置によるニカメイチュウ第1世代に対するスミチオン剤の精密散布試験が実施された。午後1時より講堂において遠藤常務理事より本研究会発足の主旨、幹事の紹介、今後の進め方について開会の挨拶があり、ついで農業技術研究所畑井主任研究官を座長に選出、畑井座長より初めに現在空中散布の場合は組織体系の下に研究が進められているが、地上においては組織だったものがなく従来個々の立場で研究が行なわれている点を指摘され、改めて本研究会設立の経緯、活動について説明が行なわれた。次に午前中に行なわれた委託試験の経緯説明(武長主任研究員)、試験実施後の感想(経営実験部中橋

機械科長他)についてそれぞれ意見が述べられた。引き続き自由討議に入り、とくに農業安全使用の話題、機械と農業とはどのような形であるべきか、普及の可能性の問題などについて提議され活発な討論がなされた。最後に座長より上記の問題については簡単に結論づけられるものではないので、本研究会は今後の諸問題について検討、さらに研究を重ねて方向づけたい旨の意向が述べられた。4時に終了し、兵庫県立農業試験場伊藤場長の挨拶、遠藤常務理事の閉会挨拶で盛会のうちに散会した。

なお、本研究会の企画運営にあたっていただくため、次の諸氏に幹事をお願いした。

◎微量散布研究会

幹事長	畑井直樹	農林省農業技術研究所
幹事	田中俊彦	〃
〃	岩田吉人	〃
〃	武長孝	農業機械化研究所
〃	上島俊治	全購連農業技術センター

(順不同)

雑誌「植物防疫」バックナンバーのお知らせ

()内は特集号の題名

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。

- 8巻(29年)5, 7月
 9巻(30年)1, 3, 6月
 10巻(31年)9月
 11巻(32年)9, 10月
 12巻(33年)5(稲紋枯病), 12月
 13巻(34年)4, 5(除草剤), 9月
 14巻(35年)6, 7, 8(稲白葉枯病), 9, 10, 12月
 15巻(36年)6月 一以上1部 66円—
 同(同)9, 10, 11(植物検疫), 12月
 16巻(37年)1(新農薬), 2, 3(ヘリコプタによる農薬の空中散布), 4, 5, 6(果樹ウイルス病), 7, 8, 9, 10(農薬の作用機作), 11, 12月
 17巻(38年)1(病害虫研究の展望), 2, 3(農薬空中散布の新技術), 4(土壌施肥), 5, 6月 一以上1部 86円—
 同(同)7(省力栽培と病害虫防除), 8, 9, 11(牧草・飼料作物の害虫), 12月
 18巻(39年)5, 6(異常気象と病害虫), 10(農薬による生物相の変動), 11, 12月
 19巻(40年)1, 2, 3(農薬の混用), 4, 5(農薬の安全使用), 6, 7(果樹・茶病害

虫発生予察), 8, 9, 10(果樹共同防除の実態と防除施設), 11, 12月

一以上1部 106円—

- 20巻(41年)1(戦後20年を顧みて)1部 132円
 2(ハダニの薬剤抵抗性)〃 132円
 3(イネのウイルス病)〃 132円
 4〃 106円
 5(低毒性農薬)〃 132円
 6, 7〃 106円
 8(森林の病害虫)〃 132円
 9〃 106円
 21巻(42年)1, 2, 3, 4(いもち病), 5, 6(相変異), 7月 一以上1部 136円—
 8(カイガラムシ)1部 162円
 9, 10(永年作物線虫), 11, 12月 一以上1部 136円—
 22巻(43年)1, 2, 3(イネ白葉枯病), 4, 5(侵入害虫), 6, 7, 8(農薬の物理性), 9, 10, 11(昆虫の生殖), 12月 一以上1部 136円—
 23巻(44年)1, 2 1部 136円
 3(リンゴの病害虫防除)〃 156円
 4〃 136円
 5(侵入病害)〃 156円
 6, 7〃 136円

在庫僅少のものもありますので、ご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。

新しく登録された農薬 (44.6.1~6.30)

掲載は登録番号、農薬名、登録業者(社)名、有効成分の種類および含有量の順。
なお、分類薬剤名の次の〔 〕は試験段階時の薬剤名。

『殺虫剤』

BHC・MPMC粒剤

10008 **ホクコーメオパールガンマ粒剤** 北興化学工業
3,4-キシリル-N-メチルカーバメート 4%, γ -
BHC 6%

ジメトエート水和剤

10003 **クミアイジメトエート水和剤** クミアイ化学工業
O, O-ジメチル-S-(N-メチルカルバモイル
メチル) ホスホロジチオエート 46%

MEP・MTMC粉剤

10005 **クミアイツマスミ粉剤** クミアイ化学工業 ジ
メチル(3-メチル-4-ニトロフェニル)チオホスフ
エート 2%, メタトリル-N-メチルカーバメート
1.2%

MEP・BPMC粉剤

10015 **スミバッサ粉剤** クミアイ化学工業 O, O-ジ
メチル(3-メチル-4-ニトロフェニル)チオホスフ
エート 2%, 2-セコンダリ-ブチルフェニル-N-
メチルカーバメート 1.5%

DAEP乳剤

10002 **クミアイアミホス乳剤60** クミアイ化学工業
O, O-ジメチル-S-2-(アセチルアミノ)エチルジ
チオホスフェート 60%

NAC粉剤

10004 **クミアイデナポン粉剤5** クミアイ化学工業 N-
メチル-1-ナフチルカーバメート 5%

アラマイト・アゾキシベンゼン乳剤

9980 **ダニトップ** 北海三共 2(バラタジャリブチル
フェノキシ)イソプロピル-2'-クロロエチルサル
ファイト 30%, アゾキシベンゼン 30%

9981 **ダニトップ** 九州三共 同上

『殺菌剤』

有機銅水和剤

9978 **キノリンドー75** 北興化学工業 8-ヒドロキシ
キノリン銅 75%

ジネブ水和剤

9985 **ホクコーダイファー水和剤** 北興化学工業 ジ
ンクエチレンビスジチオカーバメート 65%

9986 **日農ダイファー水和剤** 日本農薬 同上

9987 **サンケイダイファー水和剤** サンケイ化学 同
上

9988 **金鳥ダイファー水和剤** 大日本除虫菊 同上

9989 **ヤシマダイファー水和剤** 八洲化学工業 同上

9990 **三共ダイファー水和剤** 三共 同上

9991 **三共ダイファー水和剤** 北海三共 同上

9992 **三共ダイファー水和剤** 九州三共 同上

9993 **ミカサダイファー水和剤** 三笠化学工業 同上

マンネブ水和剤

9994 **マンゼート** デュボンファーマーイースト日本支社

マンガニーズエチレンビスジチオカーバメート
70%

9995 **ホクコーエムダイファー水和剤** 北興化学工業
同上

9996 **サンケイエムダイファー水和剤** サンケイ化学
同上

9997 **金鳥エムダイファー水和剤** 大日本除虫菊 同
上

9998 **ヤシマエムダイファー水和剤** 八洲化学工業
同上

9999 **ミカサエムダイファー水和剤** 三笠化学工業
同上

10012 **三共グリーンエムダイファー水和剤** 北海三共
同上

10013 **グリーンエムダイファー水和剤** 理研薬販 同
上

10014 **東北グリーンエムダイファー水和剤** 東北共同
化学工業 同上

有機硫黄・DPC水和剤

10001 **モノックス-K** 大内新興化学工業 ジンクジメ
チルジチオカーバメート 31%, N, N-ビス(ジ
メチルジチオカルバモイル)エチレンジアミン19
%, 2,4-ジニトロ-6-メチルヘプチルフェニルグ
ロトネート 6%

ストレプトマイシン液剤

9982 **農業用武田ストマイ** 武田薬品工業 ストレプ
トマイシン塩酸塩(ストレプトマイシン 4.5%)

次亜塩素酸ナトリウム液剤[次亜塩素酸ナトリウム液剤]

10000 **サニーエクリン** 理工協産 次亜塩素酸ナトリ
ウム 7%

フェナジジオキシド粉剤

9983 **クミアイフェナジン粉剤15** クミアイ化学工業
フェナジン-5-オキシド 1.5%

チオファネート水和剤

9984 **クミアイトップジン水和剤50** クミアイ化学工
業 1,2-ビス(3-エトキシカルボニル-2-チオウ
レイド)ベンゼン 50%

『殺虫殺菌剤』

BHC・NAC・プラストサイジンS粉剤

10006 **日農SBブラエス粉剤8** 日本農薬 γ -BHC 3%,
N-メチル-1-ナフチルカーバメート 1.5%, プラ
ストサイジンS ベンジルアミノベンゼンスルホ
ン酸塩 0.16%(プラストサイジンSとして 0.08
%)

BHC・NAC・プラストサイジンS・有機ヒ素粉剤

10007 **日農SBブラゼット粉剤8** 日本農薬 γ -BHC 3
%, N-メチル-1-ナフチルカーバメート 1.5%,
プラストサイジンS ベンジルアミノベンゼンス
ルホン酸塩 0.16%(プラストサイジンSとして

0.08%), メタンアルソン酸鉄 0.4%

『除草剤』

シアン酸塩・MCP除草剤

10009 林地用ファイン^{アップ}NAP粉剤 日本ファインケミカル シアン酸ナトリウム 60%, 2-メチル-4-クロルフェノキシ酢酸カリウム 3%

10010 林地用トーヒ^{アップ}NAP粉剤 東北肥料 同上

スルファミン酸塩・2,4,5-T除草剤

10011 スルファメート-T 三井東圧化学 スルファミ

ン酸アンモニウム 60%, 2,4,5-トリクロルフェノキシ酢酸 2%

レナシル・PAC除草剤

9979 レナバック水和剤 三笠産業 3-シクロヘキシル-5,6-トリメチレンウラシル 40%, 1-フェニル-4-アミノ-5-クロルピリダゾン-6 30%

MCPB除草剤

9977 トロボトックス 北海道日産化学 2-メチル-4-クロルフェノキシ酢酸ナトリウム 20%

植物防疫資料館開館のお知らせ

かねて開館の準備を進めていました本協会植物防疫資料館は図書^のの整理が一応終了しましたので8月1日より開館いたしました。資料閲覧を希望される方は下記規定に従ってご利用下さることをお願いいたします。

規定

第1条：植物防疫資料館（以下本館という）の図書および資料の利用については、この規定の定めるところによる。

第2条：本館の図書および資料を閲覧しようとする者は社団法人日本植物防疫協会研究所に申しいで係員の指示を受けるものとする。

第3条：閲覧者は所定の室において閲覧し、図書および資料は館外に帯出することはできない。

第4条：借覧中の図書または資料を亡失し、または毀損した場合には借覧者はすみやかにこの旨および理由を本館に届け出るものとする。

第5条：前条の場合には本館の指示した方法により賠償するものとする。

第6条：本館内では所定の場所以外で喫煙してはならない。

第7条：本館はこの規定または係員の指示に従わない者、その他不都合の行為をした者に対し、本館の利用を停止または禁止することがある。

第8条：日曜・祭日および年末・年始・土曜日の午後は休館とする。

なお、8月1日現在本館所蔵の図書および資料の内訳はほぼ次のとおりです。①：農林省刊行物 135種、②：農林省試験・研究・検疫機関刊行物 170種、③：旧外地機関刊行物 25種、④：国立試験・研究機関刊行物 16種、⑤：都道府県農試刊行物 821種、⑥：各大学刊行物 106種、⑦：県植物防疫協会刊行物 57種、⑧：植物防疫関係団体・委員会等刊行物 154種、⑨：各学会刊行物 21種、⑩：各研究会刊行物 23種、⑪：農業会社・普及会刊行物 221種、⑫：関係団体刊行物 172種、⑬：関係定期刊行物 38種、⑭：外国学術資料(国・州・大学) 43種、⑮：外国学術定期刊行物 6種(J. Eco. Ent., J. Appl. Ent., Bull. Ent. Res., Phytopath., J. Appl. Mycol., Plant Dis. Rep.), ⑯：関係単行本 180部、⑰：一般単行本 60部、⑱：学術資料別刷。

植物防疫

第23巻 昭和44年8月25日印刷
第8号 昭和44年8月30日発行

実費150円〒6円 6ヵ月 780円(〒共)
1ヵ年 1,560円(概算)

昭和44年

編集人 植物防疫編集委員会

—発行所—

8月号

発行人 井上菅次

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

(毎月1回30日発行)

印刷所 株式会社 双文社

社団法人 日本植物防疫協会

東京都板橋区熊野町13番地

電話 東京(944) 1561~3番
振替 東京 177867 番

—禁 転 載—

増収を約束する！

日曹の農薬

新発売！

〔資料進呈〕

てんさいのかっぱん病防除に！

トツプジン

水和剤

- 日曹が開発した純国産新殺菌剤です。
- 予防，治療効果が断然すぐれています。
- 収量，可製糖量とも増加します。
- 毒性が殆んどないので安心して使えます。



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-4
 札幌営業所 札幌市北一条西5-3
 TEL (0122) 24-5581

協会式 線虫検診器具



日本植物防疫協会 監修
 農林省植物防疫課 指導製作

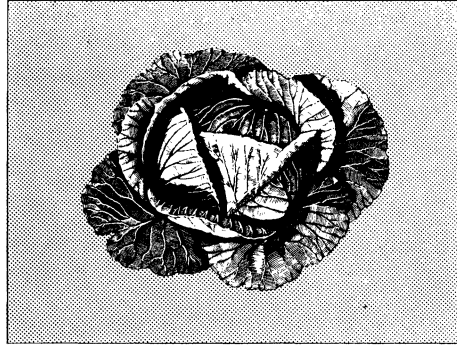
思いあたることはありませんか——
 収穫物の品質低下と減収
 そして 嫌地

それは畠のゲリラ線虫により畠地の健康が
 むしばまれているからです
 線虫検診器具はネマトダ撲滅の尖兵とし
 て適切な対策を進言します

説明書進呈

FHK
 富士平工業株式会社

東京都文京区本郷6丁目11番6号
 TEL 東京 (03) 812-2271代表



施設園芸の土壌消毒に、キャベツのいおう病に

チセロン粉剤

- 本剤は粉剤の土壌病害防除剤ですから、大量の水を必要としたり刺激臭に悩ませることなく、大面積にも簡便につかえます。
- 従来の薬剤に比べて、適用病原菌の範囲が広く、安定した効力を発揮します。



ツマグロ、ウンカ類に速効的で、
的確な効力のある新水稻殺虫剤

マルマートB粉剤

赤ツマサイド粉剤



中外製薬株式会社

品質向上は農家の願い，兼商はこのために奉仕

- ドイツが生んだ安全に使用出来る強力殺虫剤

アブラムシ、アオムシ、ヨトウムシ、フキノメイガ、タバコガに有効

マリックス®

- 兼商の10年間の研究によって実用化した有機銅剤

果実の品質を良くする殺菌剤

《類似品にご注意》

キノドール®



お問い合わせは



兼商株式会社

東京都千代田区丸ノ内2丁目2
電話 東京 (03)216-5041(代表)



躍進する明治の農薬!

イネしらはがれ病の専用防除剤

フェナジン明治 水和剤
粉 剤

野菜、果樹、コンニャク
細菌病の防除剤

アグレプト水和剤

トマトかいよう病の専用防除剤

農業用**ノボビオン明治**

ブドウ(デラウエア)の無種子化、熟期促進
野菜、花の生育(開花)促進、増収

シベレリン明治



明治製薬・薬品部
東京都中央区京橋2-8

使って安全・すぐれた効きめ



●野菜、稲のアブラムシ
ウンカ類の防除に

イカチン[®]TD粒剤

●トマトかいよう病など
細菌性病害の専門薬

シ - エ ム

CMボルドウ

三共株式会社

農薬営業部 東京都中央区銀座3-10-17
支店営業所 仙台・名古屋・大阪・広島・高松



北海三共株式会社
九州三共株式会社

昭和四十四年八月二十五日
昭和四十四年九月三十日
昭和二十四年九月九日
発行
刷
行(植物防疫第二十三卷第八号)
種(毎月一回三十日発行)
郵便物認可

NISSAN

稲作害虫の防除に!

日産エルサン[®]

エルデー粉剤・エルトップ粉剤

病害虫の同時防除に!

カスエル粉剤
エルキット粉剤
サントリオ[®]粉剤



日産化学

本社 東京・日本橋

実費 二五〇円(送料六円)