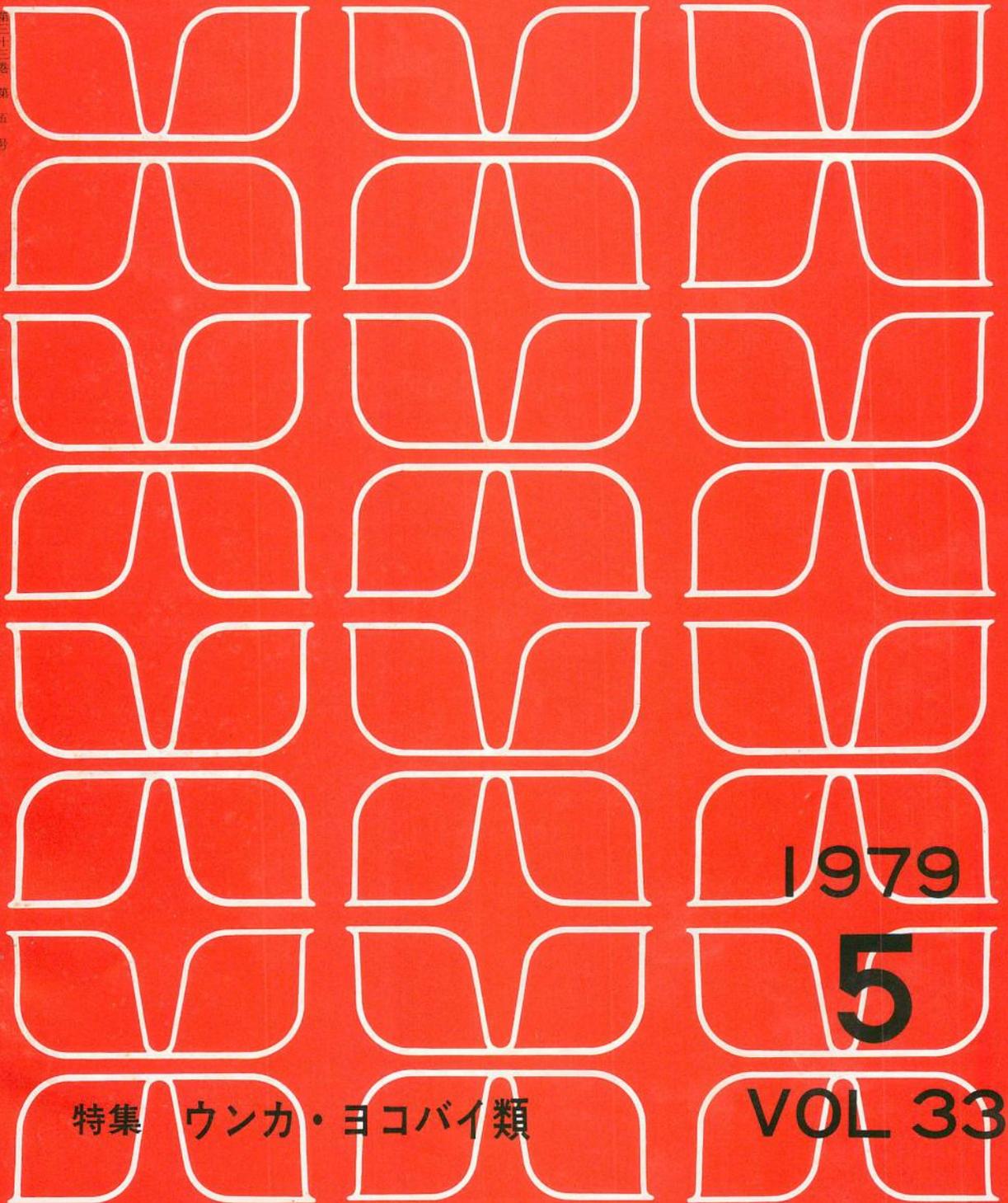


植物防疫

昭和五十四年五月二十五日
昭和二十四年九月三十日
第三十三卷第五号
月刊
植物防疫
郵便
物誌
可



1979

5

VOL 33

特集 ウンカ・ヨコバイ類



豊かな農業をめざす……



株式
会社

共 立



共立エコー物産株式会社

〒160 東京都新宿区西新宿1-11-3 (新宿Kビル) ☎03-343-3231 (代表)

散布の万能機

電子エンジン付



**共立背負動力散布機
DM-9AE**

除草剤の散布から、肥料、薬剤散布
までラクラク作業ができます。



黒点病、斑点落葉病防除に

パルノックス



大内新興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋小舟町1-3-7



中外製薬株式会社

東京都千代田区岩本町1-10-6TMMビル
TEL03(862)8251



抗生物質殺ダニ剤

マイトサイジン®B乳剤

- 茶・りんご・菊・カーネーションのハダニ類に的確な効果を発揮します。
- 各種薬剤に抵抗性のハダニにも有効です。
- 茶の開葉期やりんごの落花直後の時期にも薬害の心配なく使用できます。

新しい剤型のくん煙剤

臭ダイアジノンくん煙顆粒

- ダイアジノンを独自の剤型にし、ビニールハウス栽培のきゅうり・なすのアブラムシ防除用殺虫くん煙剤です。
- マッチで点火具に火をつけるだけで手間がかからず誰れにでも簡単に使うことができます。
- 薬剤散布にくらべて労力が非常に少なくすみ、またハウスの湿度が上昇しませんので、病害発生を助長させません。

抵抗性ツマグロ防除に

臭バツサジノン粒剤

- りん剤およびカーバメート剤が効きにくくなったツマグロヨコバイにもよく効きます。
- 粒剤ですのでドリフト(薬剤の舞い上り)の心配が少なく効きめが長つづきます。

きれいで安全な農産物作りのために！

 マークでおなじみのサンケイ農薬

★水田の多年生雑草の防除に

バサグラン 粒剤
水和剤

★果樹園・桑園の害虫防除に
穿孔性害虫に卓効を示す

トラサイド 乳剤

★かいよう病・疫病防除に

園芸ポルドー

★ネキリムシ・ハスモンヨトウの防除に

デナボン5%ベイト



★ナメクジ・カタツムリ類の防除に

ナメトックス

★線虫防除に

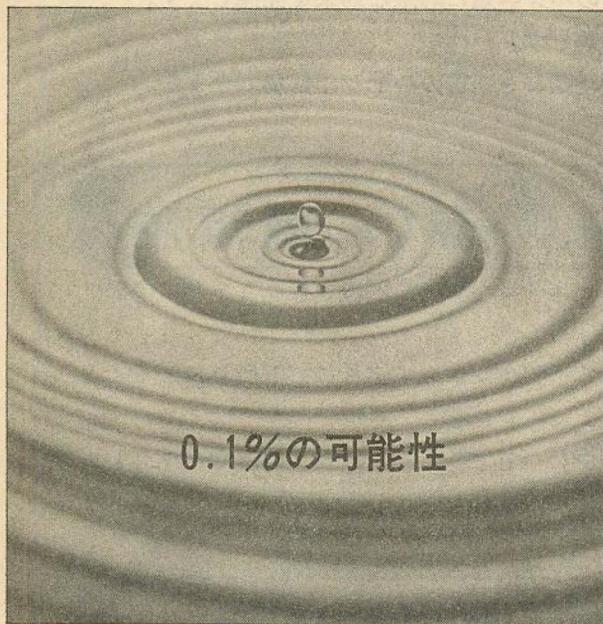
ネマホルン

EDB油剤30

ネマエイト

サンケイ化学株式会社

東京 (03)294-6981 大阪 (06) 473-2010
福岡 (092)771-8968 鹿児島 (0992) 54-1161



0.1%の可能性

いっけん完成品に見えるものでも、まだ検討の余地があるのではないか。北興化学工業は、残り0.1%の可能性を大切にします。創業以来、こうした妥協を許さない厳しい姿勢で農薬づくりに取組んできました。例えば、安全性についても、考えられるあらゆる角度から厳密なチェックを加えます。作物や、使う人だけでなく、食べる人に対してはどうか……。もちろん、効力の面はおそろかにできません。皆さまの信頼に応えるため、こんごも北興化学工業はあらゆる可能性にチャレンジしていきます。

いもち病の
予防と治療に！

強力な防除効果とすぐれた安全性

カスラフサイド®
粉剤・水和剤・ゾル

いもち病の省力防除に効きめのなが〜い
ホクコー

オリゼメート®粒剤



取扱い

農協／経済連／全農



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-2
支店：札幌・東京・名古屋・大阪・福岡

特集：ウンカ・ヨコバイ類

| | | | |
|----------------------------------|-------|-------|----|
| ウンカ・ヨコバイ類研究における最近の話題の幾つか | 岩田 俊一 | 1 | |
| トビイロウンカの吸汁習性とイネの抵抗性 | 寒川 一成 | 3 | |
| ツマグロヨコバイの吸汁行動とイネの抵抗性 | 河部 暹 | 9 | |
| ツマグロヨコバイの吸汁による被害の地域差 | 那波 邦彦 | 16 | |
| トビイロウンカとセジロウンカの交尾システムと増殖 | 呉 澆盡 | 20 | |
| ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病をめぐる最近の動向 | 岸本 良一 | 25 | |
| ツマグロヨコバイ類とイネのわい化病，トランジトリーイエローイング | 井上 斉 | 30 | |
| ヒメトビウンカの細胞内共生微生物 | 野田 博明 | 36 | |
| トビイロウンカの薬剤抵抗性 | 永田 徹 | 40 | |
| 協会だより | 35 | 学界だより | 46 |
| 国際昆虫学会議だより | 8 | 新刊紹介 | 29 |
| 人事消息 | 45 | | |

緑ゆたかな自然環境を...

「確かさ」で選ぶ……バイエルの農薬



●いもち病・穂枯れを防いでうまい米を作る

® **ヒノザン**

●カメムシ・メイチュウなど稲作害虫に

® **バイジット**

●アブラムシ・ウンカなど吸汁性害虫を省力防除する

® **ダイシストン**

●ドロオイ・ハモグリ・ミズゾウムシなどに

® **サンサイド**

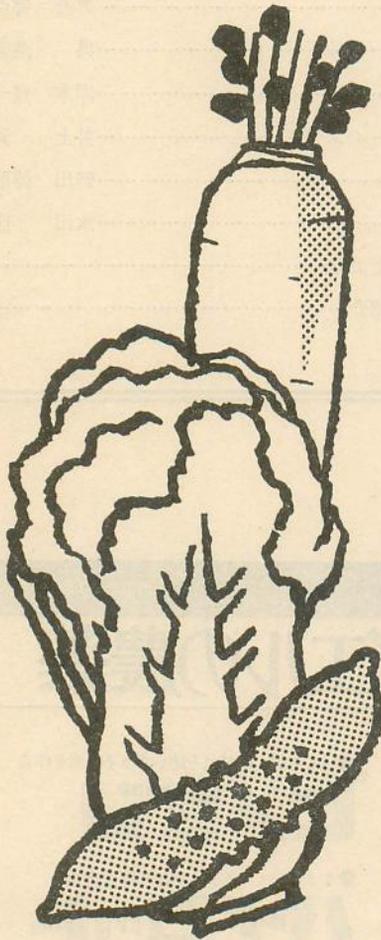
●各種作物のアブラムシに

® **エストックス**

日本特殊農薬製造株式会社

東京都中央区日本橋室町2-8 番103

武田の野菜農薬



- キャベツ・はくさいのコナガ防除に

パダン[®] 水和剤

- 園芸作物害虫の基幹防除に

武田オルトラン[®] 水和剤
粒剤

- キャベツのハスモンヨトウに

ランネート^{*} 水和剤
「タケダ」

- 速効性のアブラムシ防除剤

武田ピリマー^{*} 水和剤

- 新しい園芸作物殺虫剤

武田アクテリック^{*} 乳剤

- 園芸作物病害の基幹防除に

武田ダゴニール[®]

- 園芸作物の病害に

テュボン **ベンレート[®]** 水和剤

- メロン・きゅうりのうどんこ病防除に

武田ミルカーブ^{*} 液剤

- 畑の雑草防除に

トレファルサイド[®] 乳剤

ウンカ・ヨコバイ類研究における最近の話題の幾つか

—序説にかえて—

農林水産省農業技術研究所 ^{いわ}岩 ^た田 ^{とし}俊 ^{かず}一

本号はウンカ・ヨコバイ類に関する新知見についての特集号である。

イネに害を与えるウンカ・ヨコバイ類としては、ヒメトビ、セジロ、トビイロの3種ウンカとツماغロ、イナズマの2種ヨコバイが主なものであることは、筆者も学生時代教えられたところである。これらはずっと以前から昭和20年ころまでは浮塵子といてひとくりにされ、また、現在でもウンカ・ヨコバイ類と呼ばれているが、応用昆虫学の進歩した現今ではこれは適当な呼び方ではないと思う。このグループは分類学的にはウンカ類3種とツماغロヨコバイは大きく違いますが、殺虫剤感受性のパターンからいえばトビイロウンカはセジロ・ヒメトビ両種ウンカよりはむしろツماغロヨコバイに近い。セジロ・トビイロ両種ウンカは国内越冬が明らかでなく、長距離飛来することが分かっているし、イネの病気を媒介する点ではヒメトビウンカとツماغロヨコバイは共通点がある（南方ではトビイロウンカも媒介虫であるが）。というように、取り上げる問題によって違ったグループ分けはできるが、互いの共通性のために本号のような特集になったのであろう。

昔はウンカの被害といえばセジロウンカとトビイロウンカについてであった。これとメイチュウ類が2大害虫として我が国の稲作を左右する大きな要因であった訳で、明治以後の害虫に関する試験研究でも、両者は最初から主要な対象とされてきたが、明治30年のウンカ類の大発生が農事試験場（西ヶ原）に害虫部の設置される契機となり、昭和15年のウンカ大発生が病害虫発生予察事業の発足を促すことになったのも特記すべきであろう。

昭和初期に、時の農林省がニカメイチュウとウンカ類に関するいわば大形研究プロジェクトを発足させ、農事試験場における研究のほか、九州大学（昆虫学教室）や大分県農業試験場などがウンカ類に関する研究委託を受けたが、これらの研究はその後もかなり長期にわたって続けられ、ウンカ類の分類、生態、生理、天敵その他に関する研究に大きな発展が見られた。戦後になってもウンカの越冬や第1次飛来源に関する研究がウンカの発生予察に関連して進められ、この間一部には長距離移動説

を唱える者もあったが、昭和30年代の終わりに近いころ、セジロ・トビイロウンカの越冬についての総合的結論が下され、引き続き40年代に入ってウンカの異常飛来の問題が、発生予察の特殊調査として始められた。

その直後の昭和41年にウンカ類の異常大発生に遭遇し、南方洋上でのウンカ類の多数飛来という現象に遭遇し、再び長距離飛来説が台頭し、洋上における調査結果なども蓄積されて、この説はほぼ定着したかにみえる。この問題は多くの興味深い内容を含んでいるが、今回の特集からははずしてある。それは既に多くの報告や紹介がなされているからであろうが、どこから飛び立ってくるのかはまだ全く不明で、種々想像はされているが、なお今後の問題である。しかし、これは我が国では重大な問題であっても、飛び立つ国では問題とは考えられておらず、その点が困るわけである。いずれにしてもウンカ、特に、セジロ、トビイロに関しては、古くてしかも新しい研究問題が多くあるというべきであろう。

ウンカ・ヨコバイ類によるイネ病害の媒介は、1895年に滋賀県農業試験場においてイナズマヨコバイによるイネ萎縮病媒介の報告が世界で最初といわれるから、これもかなり古い問題である。縞葉枯病、萎縮病、黄萎病は以前は発生の多いところもあったが、近年の発生は下降線をたどっていた。これらのうち後2者はツماغロヨコバイの媒介によるものであり、場所によってはなお大きな問題である所もあるが、特に縞葉枯病については関東北部や北海道で最近ヒメトビウンカの発生が多く、保毒虫率の20%を超える場所もある。今後水田利用再編に関連してコムギ作が増えると予想されるので、ヒメトビウンカの発生には今後特に注意を払う必要があろう。その意味から本号にはこの問題が取り上げられている。最近ではわい化病や黄葉病など、ツماغロヨコバイ類の媒介する新しいウイルス病も発見され、西南諸島から沖縄へかけての調査も必要であり、今後の研究問題も多い。

最近、イネの耐虫性の研究も進んでいる。IRRIで育成された品種はすべてトビイロウンカに対する耐虫性検定を経ているようだが、困った点は耐虫性品種に対するトビイロウンカの biotype の出現問題であろう。耐虫

性品種の利用については常にこのことを頭においておく必要がある。我が国でもトビロウソウカの耐虫性品種の育成が進められているが、本種が海外から飛来するウンカであることを考えれば、どこから飛び立ってくるかはなお確定できないとしても、外国にない耐虫性遺伝子を持つ品種が育成されれば biotype の問題は全く心配ないが、外国と共通の耐虫性遺伝子を持つものであった場合は、それを加害できる biotype の飛来ということもありうる訳である。

我が国ではツマグロヨコバイの耐虫性品種の育成が進んでいる。これについてはトビロウソウカにおけるような問題はない訳だが、逆に我が国における biotype の出現ということも起こりうる。現にツマグロヨコバイをその耐虫性品種で選抜したところ、その品種で成育できる系統ができ、その後それを感受性品種で飼育しても元に戻らなかったという実験結果もあると聞いている。

ツマグロヨコバイについては耐虫性と関連で、吸汁のメカニズムに関する研究が進んでいる。そのことから耐虫性や吸汁阻害に関与する物質やその利用などの研究へ向かう可能性もある。トビロウソウカではこの虫がタイヌビエでなぜ育たないかということから、それに含まれる摂食阻害物質の研究が行われた。それがトランスアコニット酸というところまでは聞いているが、害虫とその寄主植物の関係について注目されるべき研究であろうが、耐虫性品種に関する研究では同一植物種に属する品種間の問題であるから、もう少しミクロの話になる訳である。

ウンカ・ヨコバイ類における殺虫剤抵抗性に関しても新知見が次々に出されている。ツマグロヨコバイについては既に多数の報告があって、本号には取り上げられていない。しかし、ツマグロヨコバイの殺虫剤抵抗性の機構についての研究では、イエバエなど衛生害虫における研究との差を急速につめていく感がある。

本号で取り上げられたトビロウソウカの殺虫剤抵抗性はまた今後の問題であり、抵抗性の発達について相違する見解もあるが、もし将来本種が大発生して、そのときそれが抵抗性であったらどうであるか。考えれば大変なことである。常に警戒を怠らずどこかで検定を行っているべきであろう。一方、ヒメトビウソウカは前記したよう

に最近ごく一部の地方で発生が多くなっており、また、今後漸増の懸念もあるが、現在のところ薬剤散布をしてもその効果の程度にあまり神経を使っていないのではなからうか。しかし、長期間殺虫剤に接触してきたために殺虫剤感受性に変化が生じているかもしれない。十分に注意を払う必要があると考える。

ウンカ・ヨコバイ類における最近の注目すべき研究の一つに振動波による個体間交信がある。これも数多くの報告などが行われているためか本号では省かれている。古くから「ウンカは鳴く」といわれていたが、それが腹部振動による個体間の交信であることが、行動的あるいは機械的にもはっきり示され、種間や雌雄間における波型の相違や役割など、興味ある問題であり、今後これがどう発展するか注目されることである。

ウンカ・ヨコバイ類の有する細胞内共生微生物についても1文が紹介された。これについては研究手法上からの困難さも原因して、具体的な役割についてはなお不明というべきであろうが、虫体内代謝と栄養の面で密接な関係を持っていることは間違いなく、このことは完全合成飼料によるウンカの飼育の結果からも推察されることである。今後この共生微生物の生理的機構を解明することによって、ウンカ類の増殖制御への応用の道もひらけるかもしれない。

さて、順序不同でウンカ・ヨコバイ類の最近における話題を挙げてきたが、紙数の余裕も少なくなった。そこで残余のことは省くことにして一つだけ最後に挙げたいことは、経済的許容密度や要防除密度の設定である。これについては本誌昨53年8月号に取り上げられ、また、ツマグロヨコバイの被害解析については本号でも紹介されている。長距離飛来性ウンカ特にトビロウソウカでは7月末～8月上旬における薬剤散布の要、不要、あるいはその次の世代に対する散布の要否の判定が重要で、それには水田内における本種の増殖の動態の解明とその調査法の設定が必要である。ツマグロヨコバイについては出穂期以後の薬剤防除の要否の判定が問題となる。西日本では秋に防除が必要なほど高密度になることはまれであると思われるが、このことは本種の薬剤抵抗性の発達防止にも関係することである。

トビイロウンカの吸汁習性とイネの抵抗性

農林水産省熱帯農業研究センター **寒** **川** **一** **成**

はじめに

トビイロウンカは熱帯稲作地帯で、最も警戒すべき害虫の1種に挙げられている。国際稲研究所の試験ほ場に設置されたライトトラップによるトビイロウンカの誘殺数の年次変動は、本種がイネ品種と栽培慣行の変遷により常発害虫化し、更に抵抗性品種と拮抗しつつある過程の一例として見る事ができる(第1図)。研究所開設当初、その生息すら看過されていたトビイロウンカが、1964年ごろより発生の兆しをみせ、ほ場の一部に坪枯れの発生をみた。その後、生息密度は上昇の一途をたどり、ついに1973年には大発生の様相を呈するに至った。無防除のほ場はことごとく“ウンカ焼け(hopperburn)”に見舞われた。この時期はトビイロウンカに弱いIR8, IR20などの多収性短稈品種が次々と育種され、普及されつつある時であった。また、このころより農家ほ場においても、トビイロウンカによる被害が急速に問題化してきた。しかし、1974~75年は少発生のうちに過ぎ、1973年に放出されたトビイロウンカ抵抗性品種IR26の作付け面積の拡大が、本種の発生を効果的に抑制したかに見えた。ところが、1976~77年には再び大発生した。これはIR26を加害するトビイロウンカの個体群(バイオタイプ2)が出現した結果と言われている。最初に普及された抵抗性品種は、わずか2年で、その効果を失ってしまった訳である。そして、同種の抵抗性品種を大々的に導入したトビイロウンカが多発地から、次々と同様なバイオタイプの出現が報告された。バイオタイプ出現地では、異種の抵抗性遺伝子を持つIR32, IR36などの

栽培が奨励され、今日に至っている。研究所周辺におけるIR36の作付け面積は約70%にも達しているが、現在のところ懸念された新たなバイオタイプの出現も確認されておらず、昨年後半からのトビイロウンカの発生密度の低下は、このIR36の普及が効を奏した結果と言われ始めている。トビイロウンカの一応の終息をみて、栽培品種を抵抗性品種から、食味が良く市場価格の高い感受性のC₄系統に切り換える農家が増えていると聞く。

IR26以後のIR品種はすべてトビイロウンカ抵抗性を持っており、トビイロウンカ抵抗性は、熱帯の灌漑水田に栽培される多収性改良品種が具備すべき生理的形質の一つと言ってもよいであろう。しかし、抵抗性品種を加害するバイオタイプの出現は、品種抵抗性の質的改良とその作付け形態に関する一層の試験研究の必要性を喚起している。

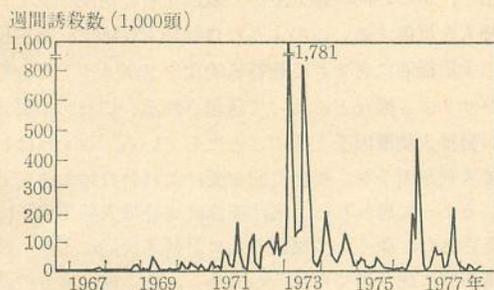
以下、トビイロウンカに対するイネの品種抵抗性機作に関する知見と、抵抗性現象に密接にかかわった本種の摂食習性について略述する。この方面の研究の一助となれば幸いである。

I 寄主選択行動からみた品種抵抗性

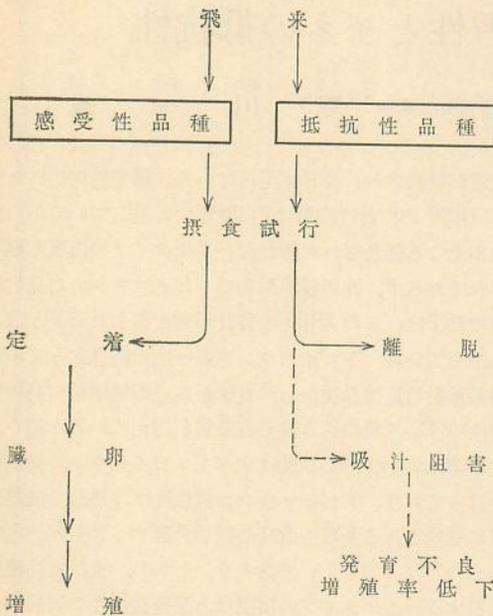
抵抗性イネ品種上で観察されたトビイロウンカの反応をまとめると下記のとおりである。

- 卵期：低い孵化率
- 幼虫期：強い離脱傾向
- 高い死亡率
- 発育遅延と不斉一
- 羽化成虫の小型化
- 成虫期：強い離脱傾向
- 産卵前期間の延長
- 短い生存期間
- 産卵数の減少
- 摂食量の減少
- 頻繁な口針挿入

これらの事実はトビイロウンカに対するイネの品種抵抗性を、古典的なPAINTER(1951)の論議に従って、非嗜好性と抗生性の両面から一般論的に論述するに十分な一揃の素材を与えている。しかし、それらの多くは、ウンカの寄主選択反応がある段階で阻止されたための二次的影響であつたり、強制寄生などの人為的状況下において



第1図 国際稲研究所内の予察燈に誘殺されたトビイロウンカの頭数の年次変動(HEINRICHISら, 1978)



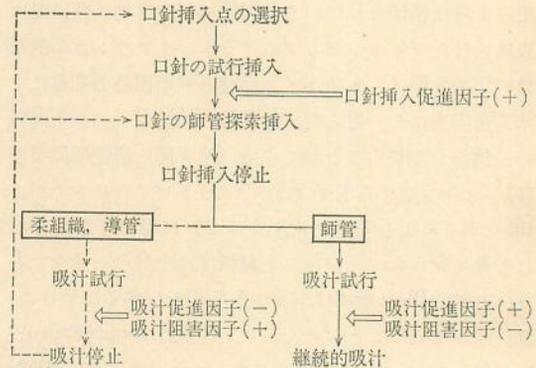
第2図 感受性及び抵抗性品種に飛来したウンカの反応
破線で結んだ反応は強性寄生させた場合の反応

のみ観察される現象であることに留意すべきであろう。
イネのトビイロウンカ抵抗性の原因を探るには、まず野外でのウンカの寄主選択の機序を知るべきである。水田におけるウンカの発生は、未成熟の長翅型雌成虫の飛来侵入に始まる。野外にランダムに配置された抵抗性と感受性品種に対して飛来してくるウンカの数に有意差はなく、少なくとも寄主植物への定位反応によって品種抵抗性が決定されている事実はない。イネに飛来したウンカは、品種を問わず口針挿入を試行する。その結果、感受性品種上では速やかに葉鞘下部に移動定着し、継続的に吸汁を行い、やがて卵巣が臓卵し始める。一方、抵抗性品種上では、口針挿入を頻りに反復するも、定着することなく徘徊を続け、ついにはほとんどの飛来虫が、そのイネから離脱していく。すなわち、ほ場での品種抵抗性は飛来虫の低い定着率が直接的原因となっているのである。ウンカを抵抗性品種に強制寄生させた場合に認められる高い死亡率や低い増殖率などの、強力な抗生性がほ場での抵抗性の主役ではなく、それらが作動する以前に、ウンカの間針挿入による味覚反応が、品種抵抗性をほぼ決定しているのである (第2図)。

II 摂食習性と摂食刺激因子

前節において、品種抵抗性が飛来虫の摂食行動をとおして発現することを述べたが、ウンカの一連の摂食反応

は栄養摂食のためのみならず、寄主植物を識別するための重要な刺激反応系を内蔵したプロセスでもある。トビイロウンカはイネ葉鞘部の師管部に口針を挿入し、師管液を吸汁する。このような寄主植物体内の特定部位からの吸汁は、寄主植物の物理的、化学的因子に制御された下記の3段階の反応と、その間に介在する小さな連鎖反応とによって可能となっている (第3図)。



第3図 トビイロウンカの摂食行動を構成する一連の反応

(1) 口針挿入点の選択：下唇先端部を表皮に垂直に立て、表面を軽く接触探索し、通常葉脈の両側を好んで選択する。この部位からの口針挿入は、師管部への到達を最も容易にしている。しかし、この部位の選択が、師管部を探り当ててうえで決定的意義を持つほど重要ではないようである。下唇先端部にある錐状感覚毛による、葉脈上と葉脈間表皮の外表の物理的性状の識別が、口針挿入点の選択に一役をかねているようである。

(2) 口針挿入：挿入点の選定後、凝固性の唾液を分泌しつつ下唇先端部を表皮に密接固定し、口針を表皮下20~50μの深さに挿入する。このとき適当な刺激が感受されたならば、口針を更に100~300μ植物組織内に操り出し、かつ、同一挿入点から数回左右に角度を変えつつ挿入を反復する。このような口針挿入反応は、寄主植物の柔組織液に含まれる種特異的なフラボノイド化合物及びサリチル酸などによって誘起される。これらの成分を口針挿入刺激因子と呼ぶことにしている。ウンカは口針挿入刺激因子を、神経支配を受けた口針自体で感受しているように思われる。吸汁部位は口針挿入刺激因子に誘発された、深くかつ反復した口針挿入反応により、試行錯誤的に探り当てられるのである。ある種の成分の濃度勾配によって、口針が師管部へ誘導されていることを示唆する事実はない。なお、口針は常に凝固性唾液の分泌を伴って植物体中に挿入され、挿入された口針の周囲

に口針鞘または唾液鞘と呼ばれている鞘状の構造物を形成する。この口針鞘は口針が抜去された後も植物体中に原型をとどめて残るため、口針挿入の様相を調べる際に非常に好都合である。

(3) 吸汁：柔組織内を自在に貫通している口針も、いったん師管部に遭遇すると挿入運動を停止する。停止した口針束から小臑刺針のみをわずかに突出させ吸汁を開始する。吸汁が継続的に行われるためには、適当な濃度と組成比の吸汁促進因子が存在し、吸汁阻害因子が存在しないことが必要である。師管部を転流する主要な栄養成分であるショ糖及びアスパラギン酸、グルタミン酸、アスパラギン、アラニンなどのアミノ酸に強い吸汁促進作用が認められている。導管部や柔細胞中にも相当の頻度で口針が到達停止しているが、それらの組織からは吸汁されていない。たぶん前者には吸汁促進因子が欠除し、後者には吸汁阻害因子が存在するためであろう。吸汁刺激因子の感知には、咽頭ポンプに前置された感覚器官が関与しているらしい。

トビロウカが寄主植物に口針を挿入し、師管部を探索し、そこから継続的に吸汁し栄養を摂取するためには、寄主植物に含まれている2種類の摂食刺激因子、すなわち口針挿入刺激因子と吸汁刺激因子が必須であり、これら2種類の刺激因子に対する反応がともに正であった場合のみ、正常な摂食行動が成立するのである。

KENNEDY (1958) は、ウンカと同様に師管吸汁を行うアブラムシ類の寄主選択が、2種類の刺激、すなわち寄主植物に特有な化学成分による「味つけ刺激」と、糖やアミノ酸による「栄養刺激」に対する反応に基づくという「二元識別説」を提唱している。トビロウカの寄主選択行動も、口針挿入刺激因子と吸汁刺激因子という異質な化学物質に対する2段階の反応に基づく摂食の成否によって決定されており、上記の二元識別説の正当性を、トビロウカの摂食行動と摂食刺激因子の解明からも、実証的に裏付けている。このようなトビロウカの摂食に関する基礎的研究は、本種に対するイネの品種抵抗性の機作を適確に把握し、また、抵抗性因子の抽出同定を試みる際に有益な知見を提供している。

III 抵抗性品種上での摂食反応

抵抗性品種に飛来したトビロウカは口針挿入を試みた後、ついには離脱することを述べた。ここでは抵抗性品種上と、感受性品種上におけるトビロウカの摂食行動を口針挿入反応と吸汁反応の面から比較し、離脱の原因を調べた結果について説明する。

抵抗性品種の葉鞘組織中に形成された口針鞘を、バラ

フィン切片を作製し観察した結果、口針挿入反応は正常に行われており、感受性品種の場合と同様な頻度で、師管部に到達していることが判明した。この事実は、抵抗性品種でも、口針挿入反応による師管部を探索する段階までを制御している化学的因子には異常がなく、また、口針挿入を物理的に困難にしている要因も存在しないことを示している。

次に吸汁反応を、甘露排出量で比較したところ、抵抗性品種上では、甘露排出量が感受性品種上での場合に比べて、著しく少なく、吸汁がほとんど行われていないことが分かった。この事実は、下に挙げた各種の方法を応用して、抵抗性品種に広く共通した現象であることが証明されている。結果の一例が第1表に示されている。

(1) ろ紙法：イネ葉鞘下部に置かれたろ紙上に排泄された甘露を、ニンヒドリン試薬などで発色させ、その面積を比較する。

(2) ターンテーブル法：ターンテーブルにセットしたろ紙上に排泄された甘露の滴数を数数する。

(3) 重量・容量法：密封した容器内に排出された甘露の重量または容量を直接測定する。更に、同時に同条件下で、吸汁虫と非吸汁虫の体重の増減を測定し、それらのデータをもとに、実際の吸汁量を推定した例もある。

(4) 比色法：排泄された甘露を、蒸留水で洗浄回収し、アミノ酸または糖の含量を比色定量する。

(5) デンシトメトリー法：蒸留水で洗浄回収した甘

第1表 IR 品種上での甘露排出量の比較
(PAGUIA ら, 1979 より)

| 品 種 | 抵抗性因子 | 容量法 ¹⁾ | デンシトメトリー法 ²⁾ |
|-------|-------|-------------------|-------------------------|
| IR 8 | | 132.30 ab | 92.50 a |
| IR 20 | | 88.67 abc | 83.00 a |
| IR 22 | | 150.30 a | 99.00 a |
| IR 24 | | 154.30 a | 103.75 a |
| IR 26 | Bph 1 | 26.67 de | 3.75 c |
| IR 28 | Bph 1 | 19.67 e | 0.00 d |
| IR 29 | Bph 1 | 4.50 f | 0.00 d |
| IR 30 | Bph 1 | 22.00 e | 3.42 c |
| IR 32 | bph 2 | 7.30 f | 2.25 c |
| IR 34 | Bph 1 | 48.30 cd | 2.75 c |
| IR 36 | bph 2 | 22.30 e | 3.00 c |
| IR 38 | bph 2 | 24.30 de | 0.00 d |
| IR 40 | bph 2 | 69.30 bc | 2.08 c |
| IR 40 | bph 2 | 18.30 e | 9.17 b |

1) 5頭の雌成虫が気密ケージ内で1晩に排出した容量 (μ l)。

2) バラフィルム上に排出された甘露を蒸留水 10 μ で溶出し、その 1 μ l をろ紙に帯状に塗付し、ニンヒドリンで発色後、デンシトメーターで発色強度を比較。

同記号を付した数値間に有意差なし。

露水溶液の一定少量を、ろ紙に塗布し、ニンヒドリンまたはアニン塩酸試薬で発色させた後、発色強度をデントメーターで比較する。

(6) アイソトープ法：イネに放射性同位元素を吸収させた後、ウンカを一定時間寄生させ、虫体及び甘露の放射能を測定する。

(7) 虫体重量法：産卵前期の雌成虫を1～2日間供試品種に寄生させ、体重の変化を調べる。

口針が師管部に到達しているにもかかわらず、継続的な吸汁が行われていない原因として、師管液中に吸汁促進因子が欠除しているか、あるいは吸汁阻害因子が存在することが想定される。しかしながら、抵抗性品種の師管液中にも、吸汁促進因子となるショ糖や遊離アミノ酸が相当濃度で含まれていることが、抵抗性品種を加害するバイオタイプが排出する甘露の分析から推察される。また、抵抗性品種を加害できない通常のトビイロウンカが、抵抗性品種上で排出する甘露の量は、ショ糖・アミノ酸溶液を人為的に摂食させた場合よりもはるかに少量である。この二つの理由から、抵抗性品種の師管液中に吸汁促進因子とともに存在する吸汁阻害因子が、ウンカの継続的吸汁を阻害している原因と考えられる。この吸汁阻害因子による継続的吸汁の阻害が、抵抗性品種へ飛来したウンカの定着を阻止し、離脱を促す原因ともなっているであろう。幼虫、成虫を抵抗性品種に強制寄生させた場合に観察される抗生的現象も、主として吸汁阻害因子に対するウンカの感覚生理的反應の結果であり、栄養素や毒素による生化学的反應の関与を示唆する事実はない。

IV 吸汁阻害因子の抽出の試み

抵抗性イネ品種の師管液に含まれていると想定される、トビイロウンカに対する吸汁阻害因子の同定は、本種に対するイネの品種抵抗性機作の根本的解明となり、また、特定の抵抗性品種に対応したバイオタイプの出現の機構を理解するうえで重要な基礎的知見を与えることにもなる。

イネ体から吸汁阻害因子を抽出単離する際に、再びトビイロウンカの特化した摂食習性を十分に配慮する必要がある。既述のとおり、トビイロウンカは師管吸汁種であり、抽出対象の吸汁阻害因子は師管液中に局在する成分である。したがって師管液を採取し、分析できれば問題ないのであるが、実際には極めて困難であり、やむを得ず葉鞘部全体からの抽出物を分析のための試料とせざるを得ないのである。当然のことながら、その粗抽出物は、吸汁部位に由来する少量の成分と、吸汁部位外の柔

組織に由来する多量の成分の混合物であり、どちらかと言えば、柔組織液に近いものと言えよう。そのために、たとえ感受性品種からの抽出物であっても、柔組織由来の吸汁阻害作用をもつ成分のために、ウンカは全く吸汁せず、ウンカの吸汁反応を指標とした生物検定法による、抵抗性品種の師管液に含まれる吸汁阻害因子の検出を不可能にしている。従来試みられた抵抗性化学的因子抽出に関する実験が、成功しなかった主因は、イネの粗抽出物中に、師管部に由来し抵抗性因子となっている吸汁阻害因子と、柔組織に普遍的に存在し、ウンカの師管外からの吸汁を制止している吸汁阻害因子を、明確に区別しえなかった点にあると思われる。ここでは、仮に前者を「特異的吸汁阻害因子」、後者を「非特異的吸汁阻害因子」と呼ぶことにし、我々が進めつつある実験の一部を紹介する。

特異的吸汁阻害因子の検出を妨害している非特異的吸汁阻害因子を、感受性品種葉鞘部の水溶性粗抽出物から単離同定することを試みた。活性炭カラムとイオン交換樹脂カラムで分離した阻害活性分画の主成分は、モリブデン酸試薬に反応する可溶性低分子量ケイ酸であることが判明した。ケイ酸ナトリウムを陽イオン交換樹脂で処理し調製した可溶性ケイ酸は、0.01mgSi/mlの濃度でウンカの吸汁を阻止した。無ケイ酸の水耕液で育てられた抵抗性品種上においても、ウンカの吸汁が依然として強く阻害されていることから、可溶性ケイ酸が非特異的吸汁阻害因子であることは明白である。

次に、可溶性ケイ酸を除去した後も、なお強くウンカの吸汁を阻害する抵抗性品種の葉鞘の水溶性抽出物に含まれている吸汁阻害因子を、数種のカラムクロマトグラフィー法を組み合わせて単離し、活性成分を白色針状の結晶として得た。赤外線吸収スペクトルからシュウ酸と同定された。そして活性分画中ではカリウム塩、一部ナトリウム塩として存在するものと思われる。シュウ酸は0.1%の濃度でウンカの吸汁を阻害した。ガスクロマトグラフィーでイネ体中のシュウ酸の水溶性塩の平均濃度を、多数の品種について定量した結果、抵抗性品種は感受性品種に比較して、多量に含有している傾向がうかがえた。しかし、感受性品種にも含まれていることから、水溶性シュウ酸塩が、品種抵抗性の要因であることを立証するためには、抵抗性及び感受性品種の師管液中のシュウ酸塩濃度を調べる必要がある。トビイロウンカの師管吸汁習性を考えた場合、吸汁阻害因子の局在性を無視した寄主植物体内の平均濃度と、品種抵抗性の強度との間に有意な相関関係を求めようとしても無理であろう。現在、上述の結果を踏まえ、更に詳細な実験が進行しつ

第2表 各種有機酸のトビイロウンカに対する吸汁刺激作用

| 有機酸 ¹⁾ | 供試濃度 (%) ²⁾ | | | | |
|----------------------|------------------------|-----|-----|-----|------|
| | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.05 |
| <i>cis</i> -アコニット酸 | ± | + | ++ | ++ | ++ |
| <i>trans</i> -アコニット酸 | — | ± | + | + | + |
| クエン酸 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| フマル酸 | + | + | ++ | ++ | ++ |
| グルタル酸 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| イタコン酸 | ± | + | ++ | ++ | ++ |
| リンゴ酸 | ± | ++ | ++ | ++ | ++ |
| マレイン酸 | — | ± | ± | ± | ± |
| マロン酸 | ± | ± | ± | ± | ± |
| シュウ酸 | — | — | — | ± | + |
| コハク酸 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 酒石酸 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 安息香酸 | — | — | ± | ± | ± |
| サリチル酸 | — | — | ± | ± | ± |

- 1) 15% シュ糖に所定濃度に溶解し、希カセイソーダ液で中和。
 2) 吸汁刺激作用はウンカの甘露排出量の多少によって評価した。
 —: 甘露排出無し
 ±: 排出量が極めて少ない
 +: かなり排出しているが、対照区(15%シュ糖)より少ない
 ++: 排出量が対照区と同等またはそれ以上

つある。

なお、植物中に見いだされる各種の有機酸の吸汁阻害活性を比較したところ、クエン酸、リンゴ酸、コハク酸など、クレブス回路に関与している有機酸には阻害活性はなかった。シュウ酸はマレイン酸、サリチル酸、安息香酸とともに最も強い阻害活性を有する有機酸であった。また、シュウ酸と類似した化学構造を持つ、飽和ジカルボン酸であるマロン酸、フマル酸、グルタル酸には、阻害活性が認められなかった(第2表)。

おわりに—バイオタイプについて

イネのトビイロウンカ抵抗性を論ずる際、抵抗性品種に対する加害能を異にするバイオタイプについて触れるべきであるが、詳細は他の機会にゆずり、ここでは主要問題点を提起するととどめたい。

① 本種のバイオタイプとは、異なる抵抗性遺伝子の支配を受けた品種群に対して、異なる加害性を示す個体群を意味している。その中には、特定の抵抗性品種の広域連続栽培が直接淘汰圧として作用し、種内に存在する抵抗性品種上で生存増殖できる変異個体を、選抜集積した結果生まれた個体群と、抵抗性品種の栽培とは直接関係のない種内の地理的変異個体群とが含まれている。

対品種反応が同じであるバイオタイプであっても、その出現過程と遺伝的背景が必ずしも同質とは限らない場合があると思われる。以下の記述は前者のバイオタイプに関するものである。

② バイオタイプとは、抵抗性品種に対する加害性において、同質な表現型を生む種内の遺伝変異を抽出し、隔離増殖された個体群と言えらる。したがって各バイオタイプ間に遺伝子の交流を妨げる不妊性及び行動反応の障壁は存在しない。また、隔離機構の伴わない野外でのバイオタイプの出現とは、ある地域のトビイロウンカ個体群中の遺伝子型組成の伸縮変動の結果、個体群全体としての対品種反応に有意な変化を生じた状態を意味するにすぎない。各バイオタイプを個体レベルで識別できる形態的及び生化学的特徴は、今のところ認められていない。

③ バイオタイプの抵抗性品種に対する加害性の変異は、品種抵抗性の要因となっている摂食刺激因子に対する感受性の差異に由来するものと思われる。各種摂食刺激物質に対する反応の比較は、バイオタイプの本質を究明するうえで有益な知見をもたらすであろう。自然個体群中にこのような変異個体が存在することは、本種の生存戦略上なんらかの意義があるものと考えられる。例えば、各バイオタイプの二次的寄主植物に対する反応の比較は一つの興味深い問題であろう。

④ 各バイオタイプの環境抵抗要因に対する適応値、殺虫剤に対する感受性及び要防除密度の相違を明らかにしておくことは、バイオタイプ対策を考えるうえで必要なことと思われる。感受性品種に現在発生している増殖率の高い個体群を、ある抵抗性品種を栽培し、環境抵抗に弱く、増殖率が低く、要防除密度が高い他のバイオタイプに置き換えることは、バイオタイプの出現を逆用した、本種の発生を制御する一方途になりうるかもしれない。

⑤ バイオタイプの出現には、生態的要因(個体群動態に関与した諸要因:世代数,増殖率,移動),遺伝的要因(各バイオタイプの異なる加害性を支配している遺伝子の数,優劣関係,出現頻度及びバイオタイプと品種間の遺伝的対応関係)及び耕種的要因(抵抗性品種の特性と栽培形態による淘汰圧の強度とそのかかり方)が複雑に関与している。トビイロウンカの個体群動態モデルに、遺伝的要因を組み込み、異なる特性の抵抗性品種の様々な栽培状況下における、個体群密度とバイオタイプ組成の推移をシミュレートすることも不可能ではなからう。

以上、トビイロウンカに対するイネの品種抵抗性についての既往の知見を、ウンカの寄主選択習性と、摂食生

理の面から再検討を加え、品種抵抗性の本質のクローズアップを試みた。抵抗性の原因となっている吸汁阻害因子に関する記述は、現在 IRRI で北海道大学農学部農芸化学科の吉原照彦氏と筆者が共同で進めつつある研究の一端を紹介したものである。そして最後に筆者のバイオタイプ問題に関する幾つかの所感を述べた。

主な参考文献

- 1) ALAM, M. D. (1978) : Resistance to biotype 3 of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stål) in rice varieties. M. S. thesis, Univ. Phil.
- 2) CHENG, C. H. (1977) : The Rice Brown Planthopper, ASPAC, Taiwan. 214~229.
- 3) IMAN, M. (1978) : Resistance of rice varieties to biotype 2 of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål). M. S. thesis. Univ. Phil.
- 4) KARIM, A. N. M. R. (1975) : Resistance to the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) in rice varieties. M. S. thesis. Univ. Phil.
- 5) PAGUIA, P. et al. (1979) : J. Econ. Entom. (in press).
- 6) SOGAWA, K. and M. D. PATHAK (1970) : Appl. Entom. Zool. 5 : 145~158.
- 7) ——— (1973) : Rev. Plant Prot. Res. 6 : 31~43.
- 8) ——— (1977) : The Rice Brown Planthopper. ASPAC. Taiwan. 95~116.

国際昆虫学会議だより

○第3回(準備)組織委員会開催

昭和54年3月17日、日本植物防疫協会で18のセクションチェアマンも参加して開かれた。

1 全体の事業計画と予算について

予定どおり、昭和55年8月3日(日)~9日(土)に京都国際会館で開き、8月3日午前登録、午後開会式、夕歓迎レセプション、6日見学、8日夕送別パーティ、9日午後閉会式の前夜として、夜はインフォーマルミーティングにあてること、開会式の特別講演には、F. フーバー博士(マックスプランク研究所、西ドイツ)、閉会式の特別講演には、M. D. バタック博士(国際稲研究所、フィリピン)を予定し、接渉することとした。この間、約100のシンポジウムと多数のワークショップ、一般講演、示説を14会場で行うこと。その他の企画として、学術展示(カイコ、昆虫)、商業展示(器械、薬品、書籍など)、婦人プログラム(お茶、生花、京都近郊案内など)が計画された。

昭和53年度準備組織委員会決算(2,541.7千円)が承認された。昭和54年度国費956千円とその内訳が学術会議から説明された。

ついで全体予算127,956千円が承認された。参加費については物価、他国際学会の状況、為替レートなどから国内正会員2.5万円(2.8万円)、学生会員1万円(1.2万円)、同伴者5千円(6千円)、国外正会員100ドル(120ドル)、学生会員40ドル(50ドル)、同伴者20ドル(25ドル)とした、()は締切日以後の参加費。

名誉委員、役員、特別講演者らの補助金についても各セクションチェアマンから出された要求を検討し、各分担ごとに海外に連絡してまとめることとした。

以上の内容をまとめ、7月発行のアナウンスメントとして全世界に送付することとなった。

2 その他

この会議は御存知のとおり日本学術会議も主催者となっており、国立大学教官の参加旅費、国立大学での参加外国人による講演のための国内旅費の概算要求が行われることになっており、これについて説明され要求することとなった。昭和54年度からこの会議の運営に国費が支給され、日本学術会議も正式に参加し、会議委員会が発足し、今までの準備組織委員会が組織委員会となり、日本学術会議から川名明氏(日本学術会議会員・農工大)が参加されることになった。

準備組織委員会では各大学、試験場などへ第1回アナウンスメントをお送りしてありますが、それに対する同封カードによる反応は必ずしもよくありません。まだカードを送っておられない方は葉書で結構ですから貴方の住所を記入して下記あて第2回アナウンスメントを御請求下さい。7月にお送り申し上げます。

郵便番号 606

京都市左京区宝池

京都国際会館内

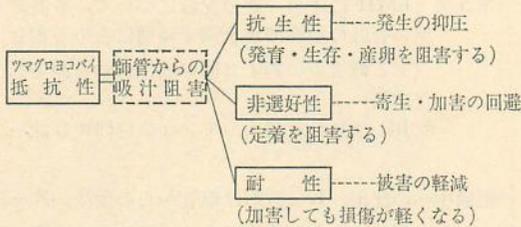
第16回国際昆虫学会議係

ツマグロヨコバイの吸汁行動とイネの抵抗性

農林水産省東北農業試験場 かわ べ すけ
河 部 還

アブラムシやウンカ・ヨコバイの作物抵抗性ではかなり一般的に言えそうだが、ツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps* UHLER に対するイネの抵抗性を現象として見ると非常に多面的である。害虫抵抗性を構成する要素として挙げられる抗生性、非選好性及び耐性という三つの作用性 (PAINTER, 1951) をツマグロヨコバイ抵抗性は合わせ持っている。ただ、一見多彩で複雑なこの抵抗性現象も、抵抗性機構の解明が進むにつれて、容易に全体を統一的に理解できるようになってきたと思う。

現在のところ抵抗性機構は、吸汁行動の観点から掘り下げた研究によって、この現象の根底には師管からの吸汁阻害があるということまでしか明らかにされていない。師管からの吸汁を阻害する要因物質を捕らえることが当面の重点課題であり、この要因物質が決定されるまでは、抵抗性を細部まで正確に説明することはできないであろう。しかし、師管からの吸汁阻害を中心に据えて、第1図のように抵抗性の全体を眺めて見ると、様々な作用特性のあらましは、そこから派生したものとして、無理なく明快に解釈することができるのである。



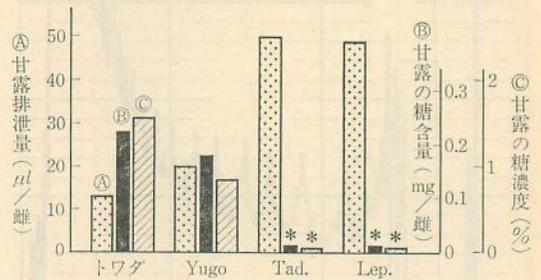
第1図 ツマグロヨコバイに対するイネ抵抗性

I 抵抗性イネ上の異常吸汁行動^{8,9,10,11,12)}

ツマグロヨコバイは抵抗性イネ (以下Rと略記) に寄生するとき、感受性イネ (S) よりむしろ活発に吸汁する。吸汁 (摂食) 活動が旺盛であるのに抗生作用が現れるため、当初Rには本種に対する毒物質が含まれると考えたくらいである¹⁰⁾。しかし、吸汁量のみでなく、吸汁液の質的变化も見過してはならない。

プラスチック小容器 (第9図、この場合のイネ幼苗は左右とも同一品種) 内で雌成虫を飼育し、容器内壁に付着した甘露滴をろ紙で拭き取り、ろ紙の重量増加から排泄量を求め、このろ紙を80%アルコールで抽出して比色定量 (フェノール-硫酸法) により糖含量を求めた結

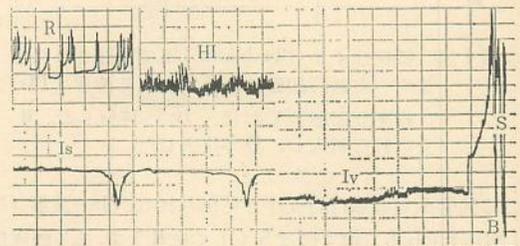
果を第2図に示す。Sから吸汁して排泄した甘露は糖類を含むのに対して、R上で排泄された甘露は糖類を含んでいない。これは排泄甘露についての結果であるが、消化によりショ糖が分解するなど変質し、吸収により若干の減量があっても、甘露中の全糖類の総量や甘露の液量はほぼ吸汁液のそれに相当することから、吸汁液そのもののS、R間の差異を示すと考えてよい。ツマグロヨコバイは主に維管束に口針を刺入し、師管と導管から吸汁するとされており (内藤・正木, 1967)、Rでは師管からの吸汁が阻まれ、代償として導管からの吸汁が増加すると推定できよう。



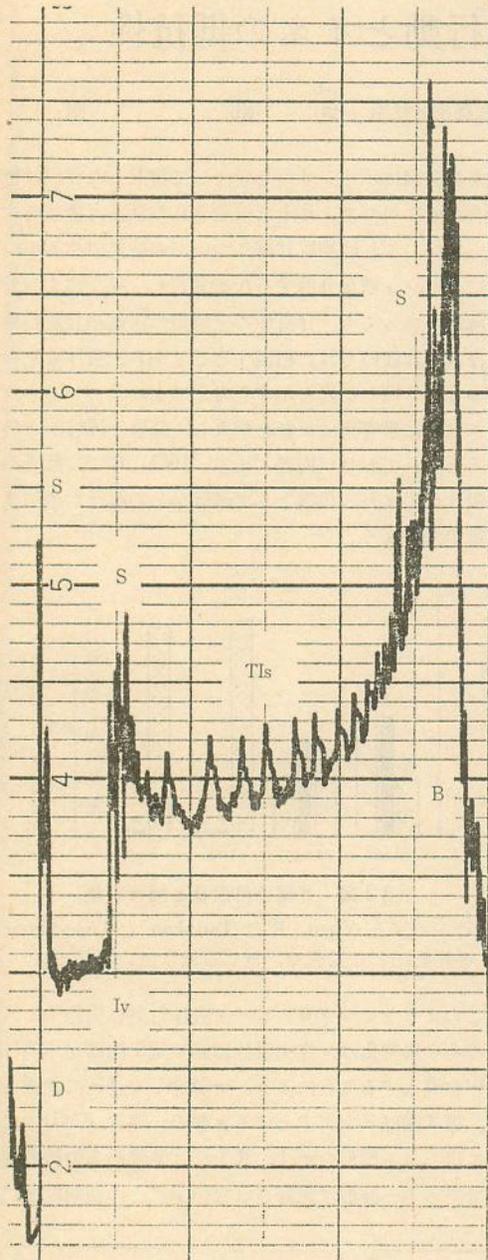
第2図 甘露の排泄量と糖含有量

SはトワダとYugo, RはTadukanとLepedumai
* 夾雑物による発色で、むしろ糖は無いと言える。

このようなツマグロヨコバイ吸汁行動の実態や、R上でのその異常化は、昆虫吸汁行動の電気的測定 (EMIF) 法¹¹⁾を導入することにより、一層詳しく適確に把握できる。第3図はSを寄主とするときの一連のEMIFによって得られる波形を示す。R上では師管からの持続的吸汁であるIs-波形は記録されないが、その初期段階に当

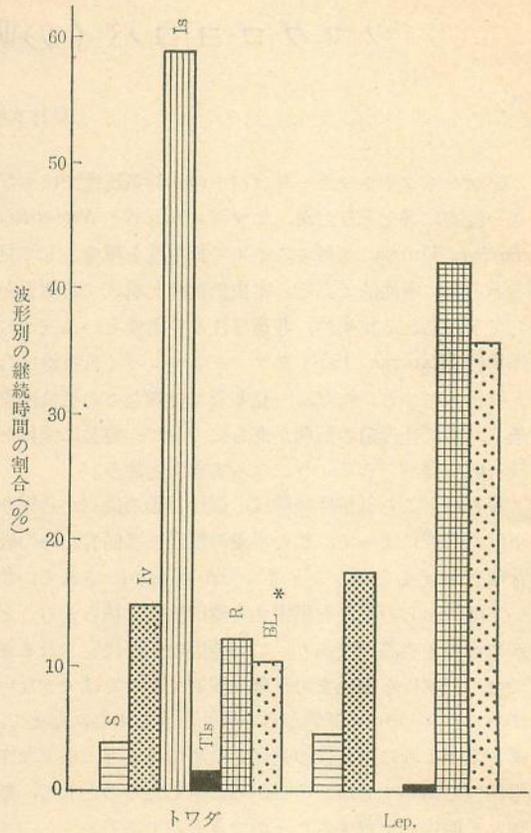


第3図 感受性イネ (トワダ) 上でツマグロヨコバイのEMIFを行ったときに記録されるいろいろな波形¹²⁾ (説明は本文中に記す)



第4図 抵抗性イネ (Tadukan) 上で記録された師管からの試行的吸汁と見なされる波形 (TIs) 約4分間継続した後、Ivへ移行した。Bで口針を刺入し、Dで抜去した。

たる師管からの試行的吸汁と見なされる TIs-波形 (第4図) は現れる。第5図はSもしくはR上で、ある雌成虫が、約1日間にどのような吸汁行動を行ったかを、各波形 (すなわち各吸汁行動の構成要素) の合計持続時間が全測定時間に占める割合として示す。S-波形は、唾液



第5図 EMIFによる一連の記録について、各波形別の合計持続時間が全測定時間に占める割合 (ある雌成虫の約1日間の吸汁行動を測定した結果)

* BL は口針を刺入していない時間の合計。

の組織中への吐出、Iv-波形は導管からの吸汁、R-波形は口針を刺したままの休止である。吸汁中は口器の吸入運動を反映する細かな脈動が現れるが、HI-波形はなんらかの吸汁困難があり、この脈動の振幅が大きくなっているものである。師管吸汁波形 (Is) は特徴的であるが、導管吸汁波形 (Iv) はS-、R-や HI-波形と区別が困難になるほど形がくずれていることもある。第5図では Is 以外で吸汁と見なせるものは皆 Iv に含めた。

若干は葉肉の柔細胞など通導組織以外からも吸汁すると考えられるが、そのとき生じるものを Io-波形とすれば、こうした識別の困難な波形を含めた Iv の一部が Io である可能性がある。

Is は、そのときにのみアミノ酸や高濃度の糖を含む (15% 以上にもなる) 甘露が排泄されることから師管吸汁波形とされ、Iv は、そのとき排泄される甘露にはアミ

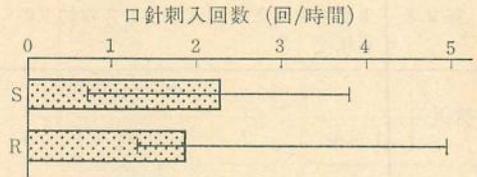
ノ酸も糖も検出されない (TLC による) ので導管吸汁波形と判断された。I_o ではアミノ酸や若干の糖分を摂取できるであろうが、I_o を裏付けるような甘露は排泄されないの、通導組織以外からの吸汁は少ないと見なされる。

吸汁速度を EMIF 波形から定量的に読み取することは困難だが、甘露の排泄頻度や量から知ることができる。I_s は 10 時間以上継続するほど長いこともまれではないが、I_v のほうが吸汁速度ははるかに大きく、吸汁液量としては導管液のほうがずっと多い。第 5 図の S (トワダ) の場合、師管からの吸汁が強調されて見えるが、導管と師管の両者からの吸汁が必要であることが分かる。

R (Lepedumai) では、I_s が全くなくなるほか、口針を刺入していない時間と、口針を刺入したままの休止時間が長くなるなどの変化も見られる。I_v 継続時間はあまり伸びていないが、S より導管吸汁の速度が速くなる傾向も加わるので、導管液吸汁は R 上ではかなり増加することになる。

R における異常吸汁行動の内容として、ほかにも S—波形の合計継続時間が長くなるとか、TIs—波形の出現回数、あるいは全口針刺入回数が増すなどいろいろの変化が考えられる。しかし、とにかく本質的で絶対的な差異は師管からの吸汁の可、不可だけである。吸汁行動は同一感受性イネ品種を寄主としても、虫やイネの生理状態、温度、湿度、時間、日照など様々な条件で大きく変動するので、本質以外の派生的行動変化を問題にするのは困難であるし、あまり意味がない。第 6 図に 1 例として、S と R 各々 5 雌成虫について、約 1 日間ずつ EMIF を行ったときの、口針刺入回数の平均と変動幅を示す。

なお、大矢・佐藤 (1978) と大矢 (1978) は、R の茎葉部を切断し、ショ糖溶液に挿しておけば抗生作用が弱まること、更に吸汁痕の組織切片の顕微鏡観察により R でも口針が師管へ到達していることなどを見いだした。



第 6 図 口針の刺入回数の変動

S と R について各 5 回の測定値の平均とその変動幅を示す。例えば 2 回なら、1 日に 48 回口針を刺したり抜いたりを繰り返したことになる。

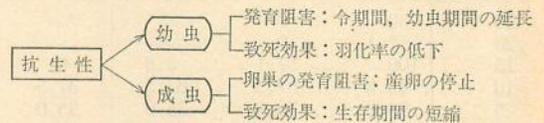
これらの事実も筆者の異常吸汁行動に関する見解を強く支持するものである。

II 抵抗性の諸特性と異常吸汁行動の関係

1 抗生性

ツマグロヨコバイは主に師管と導管から吸汁するが、導管液にはあまり有機物は含まれないので、栄養的には師管液依存度が高いと考えられる。したがって師管吸汁の阻害は、栄養のバランスが悪いとか、ビタミンのような微量栄養素の不足といった穏やかな問題ではなく、カロリー源でもある主要栄養分の摂取が困難になることを意味する。第 7 図のように、抗生性が発生にかかわるあらゆる面に顕著な悪影響を及ぼすこと^{18,19)}、また、第 1 表のように、どの发育段階の幼虫でも、寄主が R に変われば直ちに发育が遅れ、死亡率が上昇することなど当然と言えよう。

パラフィルム膜を用いる人工給餌法²⁰⁾により、水のみを与えて幼虫を飼育し生存率を見たのが第 2 表である。



第 7 図 抗生性の作用 (KOSHIHARA, 1971; 腰原, 1974 などより図表化)

第 1 表 幼虫期中途に抵抗性品種 (Tadukan) へ移したときの发育状况

| 供試幼虫 | 供試数 | 令期間 (日) | | | | | 死亡率 (%) | | | | | |
|----------------|------|---------|-------|-------|--------|------|---------|-----|-----|------|------|------|
| | | I | II | III | IV | V | I | II | III | IV | V | 全期間 |
| ふ化後 1 日目 (I 令) | 26 頭 | 5.7 | 4.0 | 5.7 | 9.5 | 15.0 | 36.0 | 0 | 0 | 12.0 | 16.0 | 64.0 |
| 4 (I & II) | 30 | — | (3.8) | 4.7 | 6.9 | 14.1 | — | 0 | 0 | 19.2 | 38.5 | 57.7 |
| 7 (II & III) | 32 | — | — | (4.0) | 8.8 | 15.0 | — | — | 6.5 | 6.5 | 54.8 | 67.7 |
| 10 (III) | 12 | — | — | — | 8.3 | 14.8 | — | — | — | 0 | 60.0 | 60.0 |
| 10~11 (IV) | 32 | — | — | — | (>5.5) | 14.5 | — | — | — | — | 53.1 | 53.1 |
| V 脱皮 1 日目 | 27 | — | — | — | — | 7.6 | — | — | — | — | 33.3 | 33.3 |
| 3 | 20 | — | — | — | — | 5.7 | — | — | — | — | 15.0 | 15.0 |
| 対照区 | 33 | 3.4 | 3.0 | 3.3 | 3.5 | 5.6 | 12.1 | 3.0 | 0 | 0 | 6.0 | 21.2 |

注 幼苗による試験管個体飼育。()内は飼育開始後のその令の期間。対照区の寄主はトワダ。

第2表 水のみを与えて飼育したときの幼虫の生存状況

| 供試虫 | 生存率 (%) | | | |
|-----|---------|------|------|------|
| | 1日後 | 2 | 3 | 4 |
| I 令 | 12.8 | 0 | — | — |
| II | 35.7 | 7.1 | 0 | — |
| III | 100 | 10.3 | 0 | — |
| IV | 100 | 100 | 77.8 | 0 |
| V | 100 | 100 | 95.8 | 37.5 |

飼育時の令が進むと生存期間が長くはなるが、水のみしか摂取できなければ急速に死亡することが分かる。R上ではこの場合より生存率が高いのは、通導組織以外からの若干の吸汁、導管液中にある多少の栄養分、試行的吸汁 (TIs) 時の少量の篩管液摂取などを想定すれば説明できる。

第3表は濃度を異にするシヨ糖液を与えて飼育したときの生存状況であるが、この条件では篩管液よりはるかに低濃度の糖液のほうが飼料として適していることになる。しかし、次の第4表の結果を合わせて考えれば、篩管液の糖濃度は高過ぎないこと、ただし、導管からの吸汁が不可欠であることが理解できよう。第4表では、人工飼料液中^{6,20}の糖濃度だけを変えたものを飼料とし、

第3表 濃度を異にするシヨ糖液による飼育と生存状況

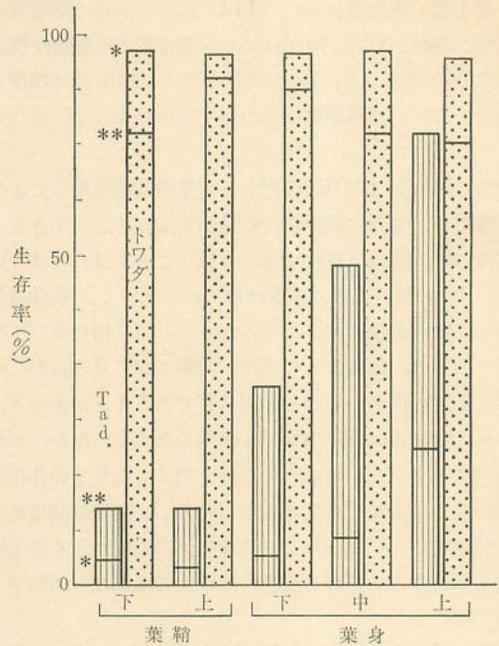
| 糖濃度 (%) | 生存率 (%) | | | |
|---------|---------|------|------|------|
| | 1日後 | 2 | 3 | 4 |
| 30 | 30 | 0 | — | — |
| 20 | 57.1 | 0 | — | — |
| 15 | 100 | 57.1 | 4.8 | 0 |
| 10 | 93.8 | 87.5 | 62.5 | 37.5 |
| 5 | 95.0 | 70.0 | 35.0 | 35.0 |
| 2.5 | 95.5 | 95.5 | 81.8 | 77.3 |
| 1.0 | 100 | 88.9 | 22.2 | 16.7 |
| 0(水) | 60.9 | 0 | — | — |

注 II 令幼虫を供試した。

第4表 人工飼料のシヨ糖濃度を変えたときの生存状況

| 糖濃度 (%) | 生存率 (%) | | | | | | 羽化率 (%) |
|---------|---------|------|------|------|------|------|---------|
| | 1日後 | 2 | 3 | 6 | 11 | 18 | |
| 30 | 100 | 100 | 100 | 94.4 | 83.3 | 50.0 | 0 |
| 20 | 94.4 | 94.4 | 83.3 | 77.8 | 66.7 | 66.7 | 0 |
| 15 | 94.4 | 94.4 | 94.4 | 94.4 | 83.3 | 44.4 | 0 |
| 10 | 100 | 100 | 100 | 83.3 | 72.2 | 38.9 | 16.7 |
| 5 | 88.9 | 88.9 | 66.7 | 55.6 | 50.0 | 44.4 | 5.6 |
| 2.5 | 61.1 | 33.3 | 22.2 | 0 | — | — | 0 |

注 人工飼料液は、アミノ酸 23 種類、ビタミン 10 種類、塩 7 種類を含む^{6,20,24}。飼育容器上面から飼料液を吸汁するほか、下面からは水を摂取できる。



第8図 イネ茎葉部上の寄生位置と抗生性

** 成苗期, * 幼穂形成期. 生存率は飼育2日後のもの。

飼料液のほか水のみ吸汁もできるようにしてある。栄養のバランスが良くなったこともあるが、イネ上で随時導管液を吸汁しているように、水のみも必要に応じて吸汁し、糖はより高濃度のほうが適当になったのである。

第8図はイネ茎葉部の寄生位置によって抗生作用の強さが異なること、その差異は抗生作用が弱まるイネの発育段階で強調されることを示す。S(トワダ), R(Tadukan) 2品種について、葉身を上, 中, 下の3部、葉鞘を上, 下の2部に分断し、各部分を少量の水を入れた試験管に入れて寄主としてふ化幼虫を飼育し、わずか2日後の生存率を見た結果である。葉鞘では抗生作用が強く、2日後には大部分が死亡し、まるで水しか吸汁できない

場合のようである。

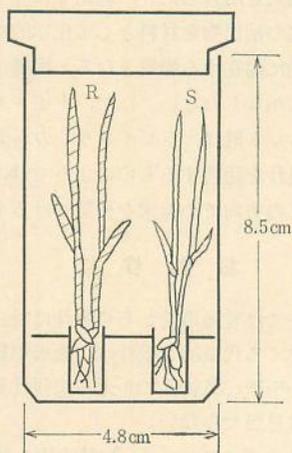
Rでも葉身で、それも上(先端)部ほど抗生作用が弱くなる理由は、師管吸汁阻害の強さの違いか、師管以外からの栄養摂取条件の違いか今のところは不明である。しかし、この寄生位置による抗生性の変動は、Sでは逆に葉身上部で生存率が低くなる傾向と考え合わせると、師管からの吸汁阻害が化学的なものとする見解に良く合致する。物理的に、例えば師管の組織中の位置とか、組織壁の堅さによるとすれば、幼苗でも成熟したイネでも抵抗性を持つこととともに理解しにくくなる。

イネの発育段階による抗生性の変動は岸野(1976)、岸野・安藤(1979)が調査しているが、抗生性が弱いとされる若い時期でも葉身下部や葉鞘は明確な抗生性を維持している。検定法によっては、抵抗性の時期による弱화가強調されるが、抵抗性イネの十分な発生抑圧効果が失われるほどのものではない。

2 非選好性

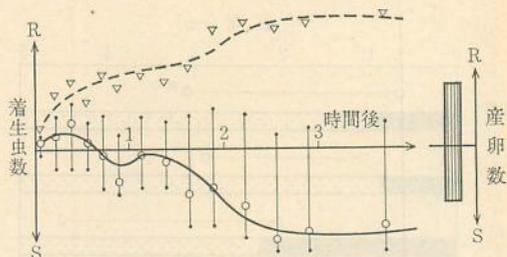
第9図のように、小容器内にRとSの幼苗を並べて、1容器当たり5雌成虫を入れ、RとS上の着生虫数を経時的に記録した結果が第10図であり、右端は1日後のRとS上の産卵数である。

イネ上に飛来し、口針を刺入するまでは誘引も忌避も無く、イネから吸汁してから寄主としての適、不適が分かると考えればこの結果は理解できる。たまたまR上に飛来したら、導管吸汁の間は良いが、いずれ師管からの吸汁ができないため移動を余儀無くされる。他方S上に行けば、必要なだけ望む組織から吸汁できるからそこで長居をする。したがって当初は両者の着生数には特に傾



第9図 寄主選好性の実験容器

プラスチック容器内にプラスチック製の小鉢が二つ入り、そこに水を入れ幼苗を2本ずつ立てた。



第10図 小空間内に感受性と抵抗性のイネ(トワダと Tadukan の幼苗)が並置されたときの着生数の推移と産卵数

- どちらのイネの着生数が何頭多いかを示す、— はその趨勢
- ▽ 両イネ着生数の合計、---- はその趨勢
- R, S別の着生虫数

向は無いが、したいにS上の着生数が多くなる。これがこの非選好性の本質であろう。

この食物摂取上の非選好性は、この実験条件では産卵選好性に結び付かず、産卵数には差異がなかった。しかし、RとSのほ場が並んでいるようなときは、Rほ場の密度が下がり、本質的には産卵の寄主として劣らなくとも、結果的に産卵数が減少することは十分考えられる。

3 耐性

耐性は同様に加害されても作物の補償的生長作用などにより被害が軽くなる性質であるが、かえって害虫の発生を助長してしまう可能性も考えられ、一般には軽視される。害虫抵抗性は害虫の寄主として不適な性質と狭義に考え、耐性は農業上重要ではあっても、抵抗性から除外したほうが良いとする考えもある(ベック, 1965)。

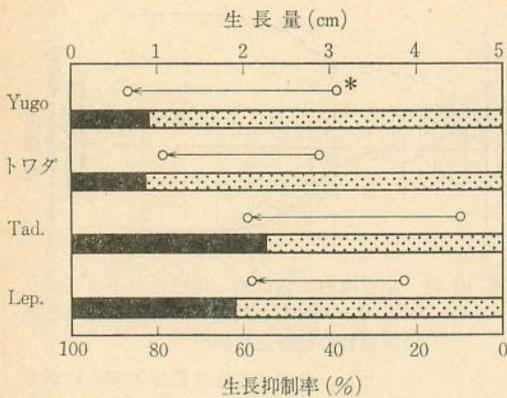
しかし、害虫密度制御は手段で、目的は作物の安定生産にあるなら、作物の抵抗性を考えるとき耐性という観点を捨てるべきではないであろう。また、ここで問題とする耐性は、R上で吸汁行動が異常化することによる耐性であり、なおさら無視することはできない。

Rでは師管吸汁が阻害され、導管からのみ吸汁するとすれば、被害も違ったものになることは容易に想像できる。ツマグロヨコバイでは直接吸汁害と、ウイルスやマイコプラズマを媒介する間接害の両者が問題になる。

第11図は、同数の虫に加害させたときの幼苗生長の抑制効果を示す。Rのほうが吸汁による生長量の減少率は小さく、代償的に導管からより多く吸汁されても、師管からの吸汁阻害が直接害を軽減した。

ツマグロヨコバイの加害を受けると、甘露の付着に起因するすす病様症状が見れるが、甘露中の有機物が減少するRでは、すすによる被害を抑えることになる。

ウイルスやマイコプラズマは師管から師管へ伝染さ



第11図 同数の成虫(雌4+雄2)に2日間吸汁されたときのイネ幼苗の生長抑制

* 成虫を寄生させない対照区の伸長量
 ○←○ のように加害により生長量が減少した.  : 生長抑制率. 対照区の幼苗伸長量に対する減少量の比を求めて生長抑制率とした.

れ、師管中で増殖すると考えられることから、口針の師管刺入時間が激減するRは病気のまん延防止効果を持つであろう。九州農業試験場では、ツマグロヨコバイ密度が低いときには、Rのウイルス病発病率が低下することを観察しているという(小野, 私信)。

発生抑圧作用を持つRにおけるこのような耐性は、 α として実際の稲作には存外大きく寄与するかもしれない。

III 師管吸汁阻害の要因について

吸汁昆虫でも抵抗性や寄主特異性を支配する要因物質が明らかにされている例はある。JUNEJA ら(1972)は、穀物のアブラムシ *Schizaphis graminum* に対するオオムギの抵抗性因子としてベンジルアルコールを報告しているが、吸汁行動との関係は分からない。NAULT and STYER (1972)は、アブラナ科植物に含まれるシニグリン(カラシ油配糖体)のアブラムシ類の寄主特異性における役割を調べた。その中でカブラのアブラムシ *Hyadaphis erysimi* は、本来寄生しないソラマメ上で EMIF を行くと、師管への口針刺入を意味する X-波形 (McLEAN and KINSEY, 1967) は記録されないが、シニグリンを浸透的に施用すれば、継代飼育できる寄主となるし、寄主植物のカブラやキャベツと同様に師管からの吸汁波形 (S-X-I の I) を生じるとしている。寄主特異性要因物質とその吸汁行動へ及ぼす効果とを明らかにした貴重な例と言えよう。

しかし、この場合にソラマメでは師管に口針を刺さな

かった点に注意すべきである。シニグリンは口針をより深く植物組織中に進める行動 (probing あるいは salivation) を助長し、その結果師管へ口針が到達するようになったのであろう。実際にこのような行動を示す S-波形の時間も長くなっている。

これに対して、同じく師管からの吸汁が阻害されるといっても、ツマグロヨコバイ抵抗性では師管に口針を刺すことはできるという違いがある。

口針を師管に刺すがそこから吸えないという例は少なくない。エンドウヒゲナガアブラムシ *Acyrtosiphon pisum* と非寄主のササゲヤレタス (McLEAN and KINSEY, 1968), アルファルファのアブラムシ *Therioaphis maculata* と抵抗性 (NIELSON and DON, 1974), ワタアブラムシ *Aphis gossypii* とマスクメロンの抵抗性 (KENNEDY ら, 1977), サトウキビのヨコバイ *Perkinsiella saccharicida* とフィージー病抵抗性 (CHANG, 1978; CHANG and OTA, 1978) などの関係はみな、EMIF により師管へ口針を刺入するが吸汁を阻害されることによることが明らかにされている。テンサイのアブラムシ *Aphis fabae* と *Mygus persicae* の抵抗性では、組織切片の顕微鏡観察により師管への口針到達が確認されているだけだが (LOWE and RUSSELL, 1974), やはりこの例と考えられる。

口針を師管に刺せるのにそこからの吸汁が阻害されるなら、師管中には吸汁阻害物質があるか、吸汁刺激物質が無いかによることになる。しかし、ツマグロヨコバイ抵抗性でイネ茎葉部抽出物の中から、抵抗性要因物質を探し出そうとする筆者の一連の試みは成功していない。シニグリンのようにたぶん植物体の細胞に広く分布し、口針刺入を阻害したり、助長したりする物質は、植物体茎葉部の抽出物を材料として化学的に追求しやすいが、師管内に偏在する物質となると困難になるということが言えるかもしれない。ただ、タイヌビエにあるトランスアコニット酸は、トビイロウンカが師管に口針を刺した後の吸汁を阻害するものようで (KIM ら, 1975; 金, 1978), この方向での追求を勇気づけるものである。

おわりに

アブラムシでは普通導管からの吸汁は目立たず、師管吸汁阻害に対する代償的な吸汁は、通導組織ではない柔組織から行い^{22, 23)}、抵抗性でかえって吸汁量が増加するとする報告は見当たらない。

タイワンツマグロヨコバイ *Nephotettix virescens* はツマグロヨコバイと同属でありながら、Rでは吸汁量が減少するとの報告があるが (CHENG and PATHAK, 1972), これは単純に排泄された有機物量を甘露排泄量と考えた

ための誤りである。

N. cincticeps と *N. virescens* は抵抗性品種が共通するものも、しないものもあるが、吸汁行動から見た抵抗性機構は全く同じである。両者ともRに親和性のパイオタイプはまだ発見されていないが、両者は別種というよりパイオタイプ同士のように見える。ここで、ある品種が一方にだけ抵抗性ということは、同様に口針を師管に刺すが一方では吸汁が阻害されるということである。このような関係は前述のアルファルファの抵抗性におけるアブラムシの本物のパイオタイプについても明らかにされている²⁷⁾。

ツマグロヨコバイでもいずれRに親和性のパイオタイプが発生するかもしれないが、抵抗性利用上の重大問題であるパイオタイプを考えるにも、師管の吸汁阻害要因物質を明らかにすることが急務であるといえよう。

さて、抵抗性の要因物質が師管中に偏在するとすれば、師管液を採取し化学的、生物学的に比較検討するのが、一つの有力な方法と考えられる。師管に刺入されている口針を切断し、師管内の液圧により切り口から自然に流出する師管液を採取するのが唯一の師管液採取方法であるが、そのため吸汁中のツマグロヨコバイ口針を適確に切断する方策ができたところである。イネでも切断口針から流出するに十分な師管内液圧があるかどうか成功、不成功の分かれ目になるかもしれない。

文 献

- 1) BECK, S. D. (1965) : Ann. Rev. Entomol. 10 : 207~232.
- 2) CHANG, V. C. S. (1978) : Ann. Entomol. Soc. Amer. 71 : 31~36.
- 3) ——— and A. K. OTA (1978) : J. Econ. Entomol. 71 : 297~300.
- 4) CHENG, C. H. and M. D. PATHAK (1972) : ibid. 65 : 1148~1153.
- 5) JUNEJA, P. S. (1972) : Ann. Entomol. Soc. Amer. 65 : 961~964.
- 6) HOU, R. F. and M. A. BROOKS (1975) : J. Insect Physiol. 21 : 1481~1483.
- 7) 河部 暹・腰原達雄 (1974) : 昭和 49 年度応動昆虫大会講要 461.
- 8) ——— (1975) : 同上 244.
- 9) ——— (1978 a) : 昭和 53 年度応動昆虫大会講要 E316.
- 10) ——— (1978 b) : 応動昆虫 22 (3), 自由シンポジウム講要 E4.
- 11) ——— (1979) : 植物防疫 33 : 65~70.
- 12) KAWABE, S. and D. L. McLEAN (1979) : Ent. exp. & appl. (In press).
- 13) KENNEDY, G. G. et al. (1978) : J. Econ. Entomol. 71 : 13~16.
- 14) KIM, M. (1976) : Appl. Ent. Zool. 11 : 53~57.
- 15) 金 武祚 (1978) : 応動昆虫 22(3), 自由シンポジウム講要 E2.
- 16) 岸野賢一 (1976) : 植物防疫 30 : 351~355.
- 17) ———・安藤幸夫 (1979) : 応動昆虫 (印刷中).
- 18) KOSHIHARA, T. (1971) : Symposium on Rice Insects, Tropical Agric. Res. Series (TARC) 5 : 221~225.
- 19) 腰原達雄 (1974) : 植物防疫 28 : 404~408.
- 20) 小山健二 (1973) : 応動昆虫 17 : 163~166.
- 21) LOWE, H. J. B. and G. RUSSELL (1974) : Ent. exp. and appl. 17 : 468~476.
- 22) McLEAN, D. L. and M. G. KINSEY (1967) : Ann. Entomol. Soc. Amer. 60 : 400~406.
- 23) ——— and ——— (1968) : ibid. 61 : 730~739.
- 24) MITSUHASHI, J. and K. KOYAMA (1971) : Ent. exp. and appl. 14 : 93~98.
- 25) 内藤 篤・正木十二郎 (1967) : 応動昆虫 11 : 50~56.
- 26) NAULT, L. R. and W. E. STYER (1972) : Ent. exp. & appl. 15 : 423~437.
- 27) NIELSON, M. W. and H. DON (1974) : ibid. 17 : 477~486.
- 28) 大矢慎吾・佐藤昭夫 (1978) : 昭和 53 年度応動昆虫大会講要 E314.
- 29) ——— (1978) : 応動昆虫 22(3), 自由シンポジウム講要 E3.
- 30) PAINTER, R. H. (1951) : Insect Resistance in Crop Plants, 520pp.

ツマグロヨコバイの吸汁による被害の地域差

広島県農業試験場 ^な那 ^ば波 ^{くに}邦 ^{ひこ}彦

はじめに

ツマグロヨコバイが水稻の出穂期前後に多発生した場合、汁液吸収によって排泄堆積物へのすす病の発生、穂の褐変や葉の黄化・汚染などが生じるほか、登熟歩合の低下、千粒重の減少及びしいな粒の増加によって減収することがある。

この直接吸汁害に関しては古くから多数の被害解析が行われている。しかし、被害の評価については東日本と西日本の研究者の間に大きな見解の相違がある。北陸や東北地方ではツマグロヨコバイの発生量の年次変動が大きく、異常発生した場合には減収が生じるとされる。過去の多発生年には、例えば宮城県では1夜に93万頭の誘殺数(1957年)や株当たり1,500頭の寄生密度(1969年)が記録され、新潟県では捕虫網50回振りで2~3万頭(1973年)や同じく25回振りで9,000頭(1975年)の発生例などが記録されている(いずれも各県の発生予察年報による)。また、減収事例も古くから多数報告されている(上田, 1955; 阿部ら, 1960; 楡井ら, 1975ほか)。川瀬(1958)によれば、北陸地方では早生イネや中生イネの出穂、乳熟期とツマグロヨコバイの多発生時期とが重なると被害が大きくなるという。

一方、西日本ではツマグロヨコバイによる水稻の被害は、本田初期における萎縮病や黄萎病などの媒介伝播によるものが主体であり、吸汁加害によって登熟期間中に変色もみやす病の発生を認める場合もあるが、減収に至ることはまずないとされる。この理由としては、ツマグロヨコバイのピーク世代の密度レベルが東日本のそれと比較して著しく低いことが指摘されている。すなわち、西日本では春先の密度の高低にかかわらず、密度調節機構が働いたため秋季の密度は毎年ほぼ一定(株当たり成虫数が10頭前後)となり(久野, 1968; KIRITANIら, 1970; 法橋, 1972)、通常の発生密度は吸汁による被害が生じるレベル以下になる(中筋ら, 1968; 葛西ら, 1972; 那波, 未発表)と説明されている。

しかし、ツマグロヨコバイの発生の様相の違いだけでは水稻の吸汁被害程度の地域差を説明できない。なぜなら、古くから上田(1957)や田村(1957)などが指摘しているように、被害解析の結果を比較した場合、東日本では加害虫数が低い割には減収割合が高く、西日本では

その逆の傾向を示すらしいからである。

一般に、害虫による作物の被害は、昆虫の加害と作物の生理生態との複雑な相互作用の結果として現れる。ツマグロヨコバイの吸汁加害によって収量や品質の低下などの被害が発現するかどうかは、ツマグロヨコバイの加害量及び加害によって生じる損傷に対して水稻がどのように反応するか、すなわち登熟にかかわる生理機能への影響の現れ方で決まるといえよう。吸汁により穂や茎葉の同化産物や水分が消費されたり、水稻体内での移行が阻害されるために一時的に登熟が遅れても、光合成能力や養水分吸収能力が大きく低下せず、加害後に再び同化産物が穂へ活発に送られるような生育状態であれば、最終収穫物の被害程度は小さくなると考えられる。このようなツマグロヨコバイの加害に対する水稻自体の生理的反応の評価については、加害量と被害程度の関係の法則性を把握するうえで重要であるが、ほとんど明らかになっていない。この点に関して、常楽(1966)は水稻の補償力の大小といった形で言及しているが、具体的な資料を検討したものではない。

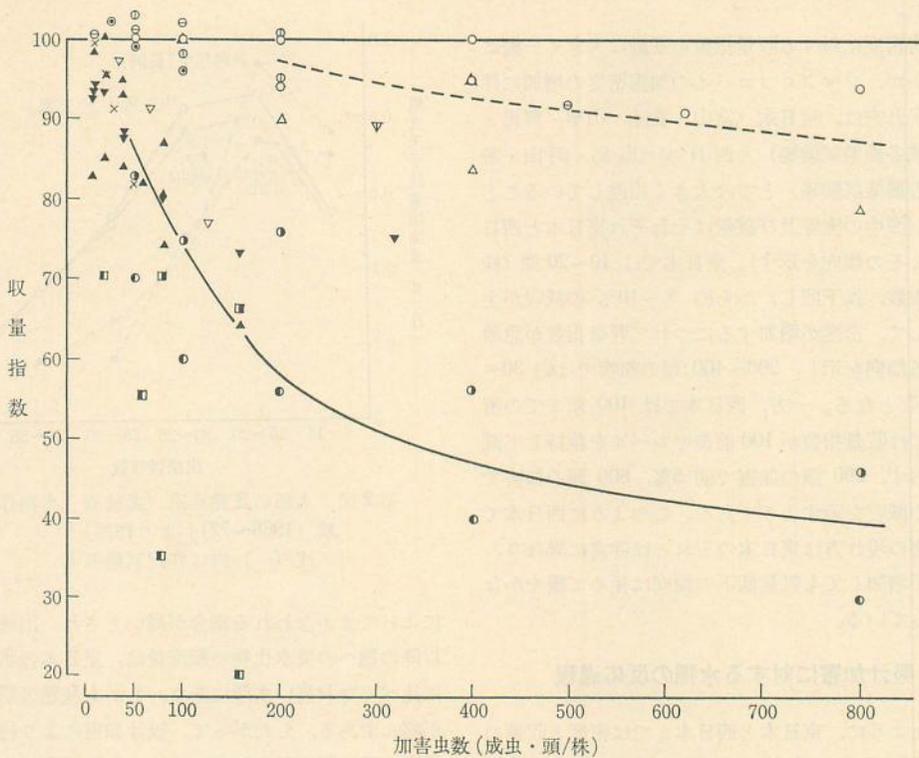
本稿では、これまで各地の農業試験場で行われた吸汁被害再現試験の成績を整理し、被害の現れ方の地域による相違がどの程度のものであるかを明らかにした。そして、ツマグロヨコバイの発生量の差に加えて、吸汁加害に対する水稻の反応過程の違いが地域差の原因となっていることを、筆者が現在進めている被害発現過程の解析試験の結果を交えつつ考察してみた。

I 吸汁被害の地域差

ツマグロヨコバイの吸汁被害に関する解析試験は、主として成虫を網わく内に放飼し水稻に加害させる方法で行われ、加害期間、加害時期、加害密度などの被害の発現に関与する要因が検討されている。

放飼日数の長さは、多くの試験の場合には出穂期前後から1~2週間であるが、出穂期から成熟期まで放飼する試験例や、雌成虫に産卵させ子世代を1~2世代加害させる試験例など様々であり、加害期間と被害程度の関係ははっきりしない。

加害期間よりもむしろ加害時期と減収との関係のほうがより強く出ており、多くのデータでおおよそ一致している。穂ばらみ期から登熟前期における加害は、登熟後



第1図 ツマグロヨコバイの加害密度と水稻の収量の関係
(各農業試験場における網わく放飼による被害再現試験成績から作図)

注

| 記号 | 農試 | 品 種 | 加害時期 (試験年次または発表者) |
|----|----|--------|---------------------------|
| ○ | 広島 | 中生新千本 | 登熟初期 (1973, 1974) |
| △ | 岡山 | アケボノ | 穂揃期 (1973), 出穂期 (1974) |
| ⊖ | 香川 | ツユアケ | 穂揃期 (葛西ら, 1972) |
| ① | 香川 | アケボノ | 穂揃期 (葛西ら, 1972) |
| ▽ | 兵庫 | 農林23号 | 開花～乳熟期 (山口ら, 1969) |
| ▽ | 兵庫 | 金南風 | 出穂期 (山口ら, 1969) |
| ● | 富山 | ハウネンワセ | 出穂期 (嘉藤ら, 1978) |
| ● | 富山 | ハウネンワセ | 乳熟期 (嘉藤ら, 1978) |
| ■ | 北陸 | トドロキワセ | 登熟前期 (1974) |
| ■ | 北陸 | トドロキワセ | 登熟後期 (1974) |
| × | 栃木 | 日本晴 | 出穂～刈取期 (1975) |
| ◎ | 茨城 | 日本晴 | 出穂～刈取期 (1975) |
| ▼ | 群馬 | ニホンマサリ | 出穂～刈取期 (高山ら, 1976) |
| ▲ | 山梨 | 日本晴 | 出穂～刈取期 (1975, 1976, 1977) |

期における加害よりも被害程度は大きい。筆者が行った試験でも出穂期加害のほうが糊熟期加害よりも被害が大きかった (未発表)。

加害密度と被害の関係については、多くのデータが得られているが、報告によって数値の振れがかなり大きい。ここでは近年における稲作の栽培法の変化 (特に出穂期前後の水稲体内の栄養条件は作季の前進化と施肥法の改

変により基肥中心の1950年代とは様相を異にするとされる) を考慮し、1960年代の後半以降に行われた試験成績 (試験年次を注記したデータは未発表) を対象として、出穂期以降における加害密度と被害程度の間関係を整理してみた (第1図)。供試品種や加害時期は試験により様々であるが、便宜的に一括して取り扱った。収量指数は無放飼区の精玄米重あるいはもみ千粒重を100とし

て算出した。

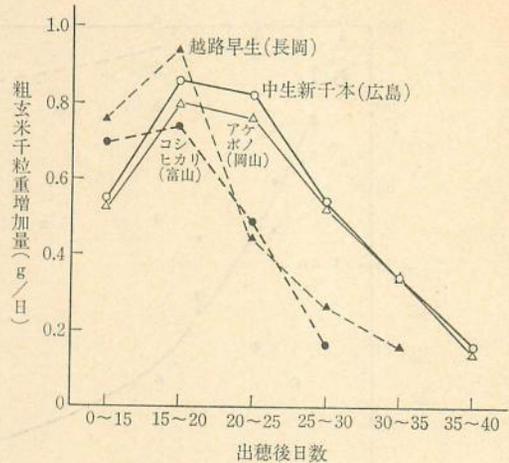
同一加害密度に対する収量指数の変動は大きく一概には言えないが、ツマグロヨコバイの加害密度の増加に伴う被害の現れ方は、東日本（富山・北陸・山梨・群馬・栃木・茨城各農業試験場）と西日本（広島・岡山・香川・兵庫各農業試験場）とは大きく相違していることが分かる（図中の実線及び破線はそれぞれ東日本と西日本のおおよその傾向を示す）。東日本では10~20頭（株当たり成虫数、以下同じ）から約5~10%の減収が生じる。そして、密度が増加するにつれて収量指数が急激に低下する傾向を示し、200~400頭の加害では約30~50%の減収となる。一方、西日本では100頭までの密度の範囲では収量指数が100前後のレベルを維持して減収とはならず、200頭の加害で約5%、600頭の加害で約10%の減収を示すようである。このように西日本での吸汁被害の現れ方は東日本のそれとは非常に異なり、加害密度が増加しても収量低下の傾向は極めて緩やかなものとなっている。

II 吸汁加害に対する水稻の反応過程

いままたように、東日本と西日本とでは密度と収量の関係の様相は明らかに相違しており、減収を生じない密度の範囲は西日本のほうが広く、東日本では狭い。また、同じ密度でも東日本と西日本とでは減収程度には大きな差が認められる。これらの現象は、吸汁加害に対する水稻の生理的反応が両地域で異なっていることを示唆している。

東日本で栽培される水稻の多くは、7月下旬からおそくとも8月初めに収穫する品種であり、高温多照の気象条件で登熟し、収穫から成熟期までの登熟期間は約35日である。一方、西日本では8月下旬から9月中旬に収穫する品種が多く栽培され、秋冷に向かって登熟し登熟期間は約45~50日である。このため第2図に示したように、東日本と西日本の水稻、すなわち登熟期間中の気象条件が異なる品種の間では登熟経過が異なっている。

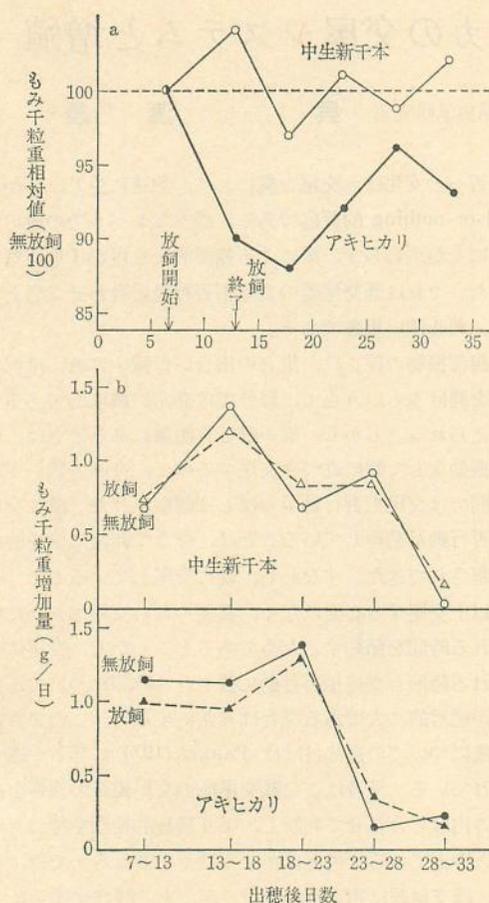
東日本の水稻では登熟期間中の気温が高いため、収穫前に茎葉に蓄積されていた炭水化物が収穫後急速に穂へ転流し、収穫後に同化された炭水化物の量も多く、呼吸量も多いとされる。したがって、穂への転流量（第2図では1日当たりの粗支米千粒重増加量として表現）のピークは収穫後15~20日ごろまでであり、それ以後の転流量は急速に減少する。このため収穫後の早い時期における吸汁加害の影響は、登熟歩合の低下となって現れやすく、最終的に減収が生じやすいものと思われる。一方、西日本での水稻の登熟は、収穫後に同化された炭水化物



第2図 水稻の登熟経過（農林省「水稻作況試験（1968~72）」より作図）
注（ ）内は作況試験室名

によってまかなわれる割合が高いとされ、収穫後25日以降の穂への炭水化物の転流量は、東日本の水稻のそれに比べてなお高い水準にあり、しかも登熟後期まで転流が盛んである。したがって、吸汁加害により同化産物の損失や移行阻害が生じて一時的に登熟が遅延しても、穂への炭水化物の転流は緩やかにしかも後期まで続くので、加害による影響が弱まり、減収には結びつきにくいと考えられる。

実際に、収穫期の異なる品種（アキヒカリ及び中生新千本）にツマグロヨコバイを放飼して、収量及び登熟経過に対する吸汁加害の影響を調べたのが第3図である。ツマグロヨコバイの吸汁が登熟に及ぼす影響は、放飼終了後1週間で最大となるが、その程度は収穫期の早いアキヒカリのほうが、収穫期のおそい中生新千本よりも大きかった。アキヒカリでは吸汁による登熟への影響は登熟後期まで続き、最終的には約5%の減収が認められた。しかし、中生新千本では一時的に登熟への影響が認められつつも、後期になって消去され減収とはならなかった（第3図a）。このような吸汁被害の現れ方の相違は、明らかに両品種における登熟経過の様相の違いに起因しており（第3図b）、アキヒカリのような高温多照の気象条件下で登熟する栽培様式的水稻では、登熟初期における吸汁被害がより強く発現されるといえる。ただし、この試験は中生新千本（広島県では中生イネ）の栽培好適地帯で行われ、しかも穂当たり成虫数が20頭という高密度条件下での成績であるので、ここで認められたアキヒカリの減収量を早生イネにおける減収程度にそのまま適用することはできない。



第3図 出穂期の異なる品種でのツマグロヨコバイの加害と収量及び登熟経過の関係 (1978)

注 アキヒカリ (7月25日出穂), 中生新千本 (8月15日出穂)の穂揃期にツマグロヨコバイ雌成虫 20 頭/穂を放飼.

おわりに

西日本の中生イネ及び晩生イネの栽培地帯では、ツマグロヨコバイの発生量が東日本で年によって見られるような著しい高密度に達することはまずなく、しかも、登熟期間中に密度は漸減していく傾向がある。したがって、加害量が小さく、中・晩生イネにおける登熟経過の特性からみて、吸汁による被害はほとんど問題にならないといつてよい。しかし、早生イネと中生イネが混植されているような、西日本の一部の山間部地方では、早生イネ

での被害が生じうるのかどうかを検討しておく必要がある。筆者は最近行った調査で、中生イネが栽培されている水田群に早生イネを混在させた場合、早生イネの出穂期から穂揃期にかけて周囲の中生イネからツマグロヨコバイが移動して、早生イネにおける生息密度が異常に高まった事例を認めている (未発表)。早生イネでの加害密度の増加が一時的なものであっても、加害時以降の水稲の生育状態や気象条件によっては被害につながる場合もあるかもしれない。

東日本では、ツマグロヨコバイの加害密度と水稲の被害の関係は西日本のそれに比べてより明りょうであり、低い密度レベルから減収が起ころうと考えられる。しかし、被害量は、同一場所、同一密度でもかなり変動するようである。したがって、要防除密度設定の前提となる被害量の予測のためには、ツマグロヨコバイの加害量と水稲の生理機能の変化との関係を、地域、栽培様式、栽培環境ごとに定量的に明らかにすることが必要であると考えられる。

最後に、本稿をまとめるに当たって有益な助言や未発表の資料をいただいた京都大学の中筋房夫氏、農林水産省農事試験場の岸本良一氏、同じく九州農業試験場の大矢慎吾氏、岡山県農業試験場の坪井昭正氏、栃木県農業試験場の大兼善三郎氏、群馬県農業試験場の高山隆夫氏、茨城県農業試験場の松井武彦氏、山梨県庁の小菅喜久弥氏、富山県礪波農業改良普及所の今井富士夫氏、岩手県農業試験場の佐々木幸夫氏に対し厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 阿部忠三郎ら (1960) : 北日本病虫研究会報 11 : 79~81.
 法橋信彦 (1972) : 九州農試報告 16(2) : 283~382.
 常楽武男 (1966) : 農業及び園芸 41 : 1214~1218.
 葛西辰雄ら (1972) : 四国植防研究 7 : 1~4.
 嘉藤省吾ら (1978) : 北陸病虫研究会報 26 : 18~21.
 川瀬英爾 (1958) : 植物防疫 12 : 401~404.
 KIRITANI, K. et al. (1970) : Res. Popul. Ecol. 12 : 137~153.
 久野英二 (1968) : 九州農試彙報 14(2) : 131~246.
 中筋房夫ら (1968) : 四国植防研究 3 : 21~26.
 楡井幹男ら (1975) : 北陸病虫研究会報 23 : 41~43.
 高山隆夫ら (1976) : 関東東山病虫研究会報 23 : 77.
 田村市太郎 (1957) : 植物防疫 11 : 79~82.
 上田勇五 (1955) : 同上 9 : 481~485.
 ——— (1957) : 同上 11 : 412~414.
 山口福男ら (1969) : 兵庫農試研究報告 17 : 41~43.

トビイロウンカとセジロウンカの交尾システムと増殖

京都大学農学部昆虫学研究室 呉

ろう
渡 じん
盡

はじめに

トビイロウンカやセジロウンカは、しばしば爆発的な大発生を行い、稲作に甚大な被害をもたらしてきた。このような高い増殖率は、単に高い産卵ポテンシャルを保持しているだけではなく、産卵能力を有効に引き出す機構、すなわち高い受精率を保証する交尾システムの存在が必要である。近年、交尾のあり方（1回交尾や多回交尾など）、交尾率、1回の交尾による受精卵数、精子の有効性などについて、総合的な立場から、それらの特性を位置付ける交尾戦略と呼ばれる研究が盛んになってきた。例えば、雌の交尾拒否行動の意義 (ASSEM and FEUTH-DE BRUIJN, 1976)、雄の雌探索戦略をめぐる検討 (PARKER, 1978)、多回交尾と精子の競争 (PARKER, 1970) などはその好例といえる。

このような立場から、ウンカ類の交尾について詳細な実験が行われた。その結果、今まで雌は1回の交尾で十分であると思われてきたが、これらの昆虫には、より複雑な交尾システム—雌の周期的交尾—が機能していることが明らかになった (OH, 1979)。更に侵入個体群についてのモデル実験 (呉, 未発表) からこの交尾システムの次世代に及ぼす効果を、内的自然増加率、純増殖率によって測定し、個体群の存続に対する役割を明らかにした。以下にその概要を述べよう。

I 交尾行動と交尾拒否行動

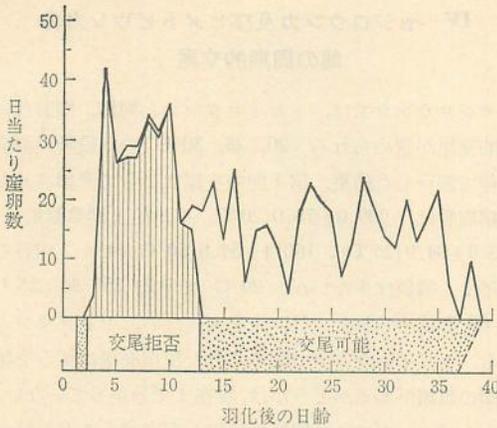
よく知られているように、ウンカ類では、成熟した雌雄は、それぞれ腹部振動及び鼓膜器官によって、基質の振動を起こす。雌雄は、この振動パターンによって同種個体であることを認知し、また、相互の交信は、雄の定位と移動を容易にし、交尾相手の探索を効果的にしている (ICHIKAWA, 1976; ICHIKAWA and ISHII, 1974; ICHIKAWA et al., 1975; 石井・市川, 1975)。交尾後、雌はもはや腹部振動を行うことなく、産卵にとりかかる。このような雌は交尾しようとする雄に対して、激しい拒否行動を示す。すなわち、腹部を上げて左右に激しくゆさぶる行動、産卵管をつき出す行動、中肢及び後肢で相手をはなす行動、別の場所へ逃げ出す行動が、雄の接近の程度によって、段階的に、また、これらの行動の幾つかを組み合わせて行われる。雄の受け入れから、受け入れ

拒否への変化は、交尾を境にして、急速に生じ、しかも all-or-nothing 的反応である。様々なレベルでの雌の拒否にもかかわらず、雄による強要的な交尾が1例観察された。これは既交尾雌の交尾拒否行動と合わせて考えると、興味深い現象である。

腹部振動の停止は、雄との出会いを減少させ、産卵妨害を避けるという点で、野外では非常に機能的であると考えられる。しかし、雄が雌と近距離にあるときは、腹部振動なしで雌に近づき交尾するので、今回の狭い実験空間では交尾拒否行動がしばしば観察された。雌に交尾拒否行動が発達していることは、今まで非常に消極的に解釈されてきた。すなわち、既に交尾しているので、それ以上交尾する必要はなく、必要のない交尾のために費される時間を節約するためであると。しかし、交尾に費される時間と交尾拒否行動に費される時間について、前者が絶対的に大である場合は非常に少ない。このような現象についての意味付けは PARKER (1974) に詳しく述べられている。筆者はこの既交尾雌の交尾拒否の機構を本章の内容と合わせて判断し、より積極的役割を持つものだと考えている。例えばキョウソヤドリコバチでは、普通、既交尾雌は拒否行動を行うが、ある操作によって多回交尾をさせると、交尾後一定時間授精が妨げられるということが知られている (ASSEM and FENTH-DE BRUIJN, 1977)。

II トビイロウンカ雌の周期的交尾とその特性

交尾後、ウンカは、日当たり産卵に多少の変動を示しながら、産卵を続ける（この変動は、一見周期的に見える場合もあるが、自己相関分析からは、ほとんどの場合周期性は検出できない）。第1図で示されるように、この産卵には、二つの特徴が認められる。第1の特徴は、受精卵の産生は、かなり早い時期で終わってしまい、それ以後の産卵はすべて未受精卵であるということ、そして第2の特徴は、こうして未受精卵しか産生しなくなった雌は、それまでの交尾拒否行動を一変させて、処女雌と同じように腹部振動を開始して、雄を誘引し交尾するということである。未受精卵しか産生しなくなった雌は、産卵率は受精卵を産む時期に比べて多少減少するものの、やはり雌にとってリスクに違いない無効産卵を行いながら死の直前まで calling し、雄を呼び続ける。こ



第1図 交尾が1回だけ行われたときの産卵と雌に対する感受性

産卵曲線の縦線部分：受精卵，空白部分：未受精卵

これら二つの特徴を，詳細な検討を行ったトビロウソク(Oh, 1979)を中心にみていこう。

実験は，すべて 25°C の条件下で行われ，高さ 16.5 cm，直径 3 cm の試験管に，約 10 cm のイネ芽出しを1本入れ，1頭の雌に産卵させた。産卵させたイネは毎日取り換え， 25°C に5日間おいて，胚発生を進行させた(5日後には，眼点形成まで進む)。その後，イネを解剖し，産卵された卵を胚発生の有無によって，受精卵，未受精卵を区別して数えた。更に，未受精卵が急増するころになると，毎日1時間，未交尾の成熟雄をこの試験管の中に入れ，雌雄の反応，交尾の有無，交尾時間などを観察した。その結果は下表に示した。平均交尾時間は，第1回目の交尾で約2分間と最も長く，2，3回目の交尾では1分間程度になる。また，それぞれの交尾での雌

トビロウソクに見られる周期的交尾の諸特性
(Oh, 1979) を簡略して示した)

| | 雌の翅型 | 平均交尾時間(秒) | 平均受精卵数 | 純増殖率(R_0)* |
|--------|------|-----------|--------|----------------|
| 1回目の交尾 | 長翅 | 130.0 | 294.1 | 286.8 |
| | 短翅 | 117.5 | 289.4 | 287.7 |
| 2回目の交尾 | 長翅 | 46.7 | 159.6 | 120.6 |
| | 短翅 | 56.6 | 137.3 | 88.3 |
| 3回目の交尾 | 長翅 | 88 | 52 | 3.6 |
| | 短翅 | 50 | 74 | 7.2 |
| 合計 | 長翅 | — | 505.7 | 411.0 |
| | 短翅 | — | 500.7 | 383.3 |

* 純増殖率は，成虫期の生存曲線だけ考慮に入れて算出された。

の翅型の違いによる差には，統計的有意差は，認められないが，第1回目と2回目との間の差は，両翅型ともに有意($P < 0.01$)であった。なお，雌雄それぞれの翅型の組み合わせ合計4通りについて検討したところ，第1回目の交尾では平均交尾時間には，各組み合わせ間で有意差は認められなかった。3回目の交尾は，観察例が少なく，長翅型の雌で1例，短翅型で2例認められただけである。次に平均受精卵数は，1回目の交尾で最も多く平均290程度，2回目の交尾では1回目の約半分となり，3回目の交尾では，更に2回目の半分程度となる。平均受精卵数の場合も，翅型による差は有意でなく，やはり1回目と2回目の間に有意差($P < 0.05$)が認められる。未受精卵を含めた平均総産卵数は 544.5 ± 173.0 (長翅)及び 552.9 ± 184.3 (短翅)であるから，トビロウソクは，第1回目の交尾で，52~54%の有効卵を実現することになる。一方，第2回目の交尾は，16~22%，第3回目の交尾は，0.6~1.3%の有効卵を産み出す。

第1図で見られるように，未受精卵を産み続ける時期の日当たり産卵率は，受精卵を産む時期のそれと比べると，かなり低下する。周期的に交尾をさせた場合にも，この現象は検出され，1回目と2回目の交尾及び2回目と3回目の交尾の間の未受精卵のみを産下する時期には，ほとんどの個体で，日当たり産卵率が低下し，長翅型の雌では，15個体中8個体で，また，短翅型個体では，19個体中8個体で有意($P < 0.1$)な減少が認められた。他の個体は未受精卵の産卵期間が短いために，サンプル数が減少し，統計的検定に耐えられなかった。未受精卵を産む時期に認められる産卵率の減少は，雌による積極的な調節を反映し，寿命もしくは，それ以後の産卵ポテンシャルの保持に貢献すると考えられるが，他の昆虫で認められる卵の吸収(BELL and BOHM, 1975)，雄の産生(半数倍数性の昆虫の場合)といった調節機構に比べると，それほど効果的ではないように思われる。トビロウソクの産卵率が，1度低下した後再び上昇することは，既に末永(1963)，岸本(1965)によって報告されているが，低下の時期から判断して，周期的交尾の合い間に見られる産卵の低下と考えられる。

次に，雌の周期的交尾の次世代への効果について考えてみよう。次世代への効果を考える際には，通常，個体性を基に，個体の適応度(次世代の有効産仔数を示すダーウィン適応度で与えられる)から，個体群の動向を推測する考え方と，平均的個体の集まりとして個体群を捕らえ，主として，個体群の動態を見極めようとする考え方とがある。個体性については，後章で触れることにし，ここでは，個体群動態に対する効果について，若干触れ

ておく。

ウンカのように、高い産卵能力と、速い発育速度を持つ種では、内的自然増加率(r)が、個体群の繁栄の程度を表すかなりよい指標であると考えられてきた (LEWONTIN, 1965)。内的自然増加率は、次の式によって近似される。

$$r \approx \frac{\ln R_0}{T}$$

ここで、 T は世代時間、 R_0 は純増殖率で

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

l_x は齢 x における生存率、 m_x は齢 x における産卵(仔)数を示す。

ここでは、同一温度条件であることから、世代時間を無視して、純増殖率の大きさだけによって、周期的交尾が増殖に及ぼす効果をみてみよう。なお、計算は、成虫期の生存率だけを考慮して行ったので、 R_0 はそのまま、新生虫1匹の産卵期待値となる。21ページの表に示したように、相対的に、1回目の交尾の効果が高まり、全受精卵に対する割合は、長翅型の雌で69.8%、短翅型の雌で75.1%にのぼり、2、3回目の交尾は、死亡過程によって、その効果はかなり軽減されることになる。したがって、増殖に関する限り、2回目以降の交尾は、それほど効果を持たないということになる。

III 雌の周期的交尾と個性

先のトビイロウンカを用いた産卵の実験から、個性性に関連して、次の二つの関係が検出された。

① 1回目の交尾による受精卵数と、2回目の交尾による受精卵数との間には、かなり強い負の相関($r = -0.74$)がある。

② 2回目の交尾に関して、交尾時間と、受精卵数との間には、あまり強くないが($r = 0.53$)正の相関が認められる(1回目の交尾については、現在のところ、検討できない)。

これらの結果は、大変興味深いものであるが、その原因については、現在のところ、何も分かっていない。交尾時間は、*Drosophila melanogaster*でMANNING (1961)が量的形質であることを見いだして以来、ホリジーンによって支配されているらしいということ、また、遺伝率は低い(0.15~0.2, MACBEAN and PARSONS, 1966)もの、20世代程度で、人為選択の効果がはっきりと認められることなどが見いだされてきたが、ウンカにみられた交尾時間—産卵数の関係は、交尾時間が種特異的であることについて、なんらかの推測を与えるかもしれない。

IV セジロウンカ及びヒメトビウンカの雌の周期的交尾

セジロウンカでは、トビイロウンカと同様、顕著な周期的交尾が認められる。20, 25, 30°Cの3段階の温度条件で飼育した結果、第1回の交尾によって産卵された受精卵数は、209.0±78.0(20°C, 平均値±標準偏差)、223.6±94.9(25°C)、160.4±54.6(30°C)で、2回目の交尾は、例数は少ないが、20°Cで平均255卵、25°Cで60卵認められた(呉, 未発表)。なお、セジロウンカにも、トビイロウンカで認められた反復交尾に伴う交尾時間の短縮があるかどうかは、現在まで分かっていない。ヒメトビウンカでは、同様の機構が存在することが分かっているが、個体飼育では、その効果はほとんど表れず、受精卵の割合が異常に高いことが分かっている。詳細については検討中である。

V 侵入個体群の増殖—2回目以後の交尾がない場合

周期的交尾は、雄の存在によって、有効卵の増減をもたらす。雄が1回目の交尾後全くいなくなる状況として、トビイロウンカやセジロウンカの侵入個体群がまず想定される。日本の初夏に見られるウンカの侵入は、断続的に、しかもほんの数回しか起こらず、雄は侵入2~3日後には、水田からほとんど姿を消してしまう。このような状況を想定したモデル実験が、温度条件に対するウンカ類の増殖能力の推定と組み合わせられて行われた(呉, 未発表)。

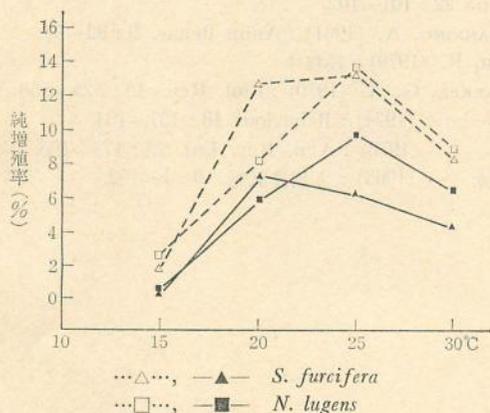
等間隔で約10cmの芽出しを16本(4×4本)植えた直径3.5cm、高さ8.5cmのプラスチックカップを、上端を寒冷紗で覆った直径13.5cm、高さ20cmのガラスの円筒に入れ、その中に10対の新生虫を放飼した。このような実験区を、各温度条件について、4区ずつ設け、1日おきに各2区ずつのサンプリングによって産卵数を決定した。また、プラスチックカップから脱出する雄は移出個体とみなして回収した。

雄の移出は、雌の交尾率に影響を及ぼす。セジロウンカ、トビイロウンカ及びヒメトビウンカともに、15°Cの区を除いて、雌の産卵開始日より、雄の平均移出日は長くなった。ウンカの雌は成熟し産卵を開始できるようになるまで交尾しない。したがって、このことは、その間に、成熟雌がほぼ完全に交尾していることを示している。実際、産卵開始後しばらくは、これらの実験区では総産卵数と受精卵数との間の相関は大変高く、受精卵数の変動を忠実に反映して総産卵数が変化する。これは

すべての個体が交尾し、産卵していることを裏付けるものであろう。しかし、 15°C の区になると、かなり様子が変わってくる。トビイロウンカでは、雄の平均移出日が 13.5 日に対して、産卵開始日が 13.5 日、セジロウンカでは、更にずれ込んで前者の 7.8 日に対して後者が 9.5 日となる。低温でのこのような、移出と成熟のずれ込みは、末永 (1963) によって示されたように、雄と雌との間の性成熟に見られる基本的な差異に基づいていると思われる。すなわち、雄では 5 齢後期には、既に貯精管への精子の侵入が認められるが、一方、卵の成熟はかなり遅れ、成虫羽化後も、胞胚の肥大が続き、卵黄、卵殻の形成は更に遅れる。ウンカ類では、発育日数が温度の低下に対して、指数級数的に増大していくことから、生体内の反応が温度の低下とともに、指数級数的に遅くなり、成虫になってからの卵発育を更に遅らせるものと思われる。

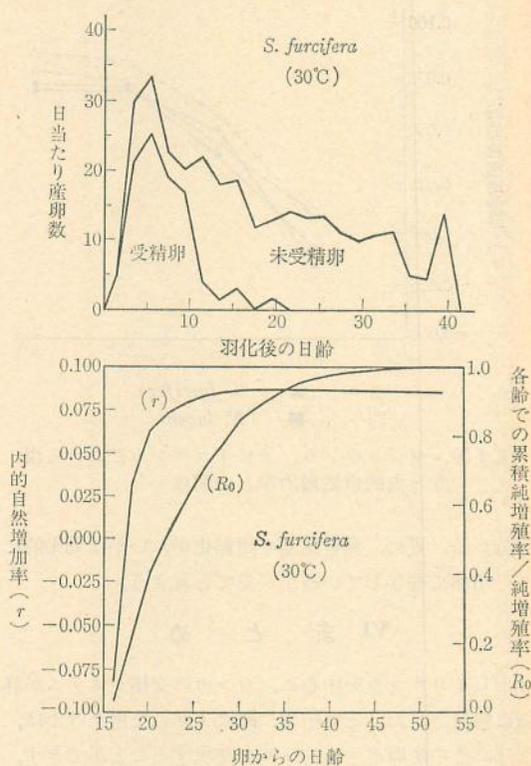
交尾率と雌の 1 回の交尾による受精卵数が侵入個体群に及ぼす効果は第 2 図に示された純増殖率によって見ることができる。この図では、トビイロウンカについて卵から新成虫までの生存率 (KUNO and HOKYO, 1970) を 0.05 と近似することによって得られた純増殖率を示してある。それは、同時に、2 個の卵 (性比 1 : 1) が次世代に残す受精卵または (受精卵 + 未受精卵) の期待値となっている。したがって、この値は、世代間にわたって同一の発育ステージでの個体数の増減を示すことになり、再生産率と同じ値となる。卵・幼虫期の死亡を考慮に入れたこの値から、

① 15°C では、両種ともに有効卵は 1 以下となり、個体群は減少する。



第 2 図 セジロウンカ、トビイロウンカにおける温度と純増殖率との関係

点線：(受精卵 + 未受精卵)、実線：受精卵

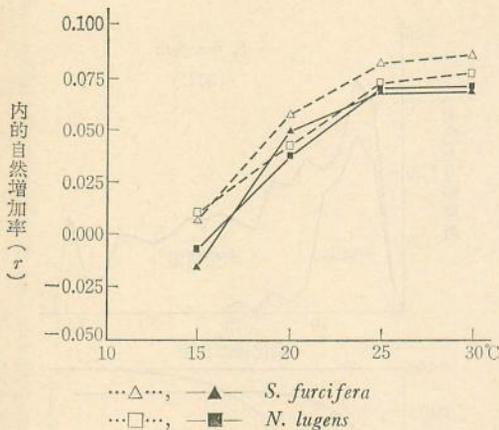


第 3 図 セジロウンカの 30°C 区における産卵曲線 (上) と総産卵数に対して与えられた内的自然増加率 (r) 及び純増殖率 (R_0) の累積曲線 (下)

② 両種ともに、産卵ポテンシャルは 25°C で最大となるが、セジロウンカでは雌が周期的交尾ができないことの効果が強く現れ、最大の有効卵は、 20°C で与えられる。

③ 30°C では、両者ともに、有効卵数、産卵ポテンシャルが減少する。

一方、内的自然増加率に対する貢献から判断すると、幾分異なってくる。第 3 図に示した例で見られるように、10 日以降になると、未受精卵の産出が急増するものの (第 3 図上)、内的自然増加率 (r) は、最初の 10 日目の産卵によって、ほとんど決定されてしまう (第 3 図下)。 r の値は、産卵数よりも発育速度の変化に敏感に反応することから、この現象は、ある程度予測されるだろう。このとき、各齢の次世代の増殖に及ぼす貢献度を表す繁殖価 (reproductive value) もまた、産卵開始直後にピークを持つ典型的な山型となり、ピークを示す齢が、有効卵と総卵の場合とで一致する。第 2 図と比較するため、新成虫までの生存率を 0.05 としたときの内的自然増加率 (r) と温度との関係を第 4 図に示した。この図からも、セジロウンカでの有効産卵の落ち込みが激しいこと



第4図 セジロウンカ、トビロウンカにおける温度と内的自然増加率との関係

が分かる。更に、發育速度の短縮化が、いかに効果的に r の増加に寄与しているかが見てとれよう。

VI ま と め

トビロウンカを中心に、ウンカの交尾システムが詳細に検討された。その結果、雌は1回の交尾だけでは、十分にその産卵ポテンシャルを発現することができず、途中から未受精卵ばかりを産み出すことが見いだされた。このような産卵の変化は、雌の行動に著しい変化をもたらす。受精卵の産生は、激しい交尾拒否行動を、一方、未受精卵の産生は、交尾行動を引き起こし、しかもこれらは、all-or-nothing 的な反応である。未受精卵を産生し始めると、日当たり産卵数は減少するが、再交尾によって受精卵を産生し始めるようになると、産卵数も再び増加する。

1回目及び2回目以後の交尾によってもたらされる有効卵数の次世代への寄与がトビロウンカについて、25°C で調べられた。純増殖率に対する1回目の交尾による有効卵の寄与は70~75%、2回目以後の交尾では25~30%であった。

侵入個体群を想定したモデル実験が、セジロウンカ、トビロウンカについて、15、20、25、30°C の温度条

件下で行われた。侵入個体群では、雄は移出のみで移入することはない。したがって、雌は1回しか交尾できず、産卵ポテンシャルを十分に発現することはできない。低温(15°C)の条件下では、これに加えて交尾率の減少が認められ、個体群の内的自然増加率は、0に大変近いが、マイナスの値を示した。

一方、各温度条件によって、1回の交尾による受精卵数が著しく変異することが見いだされたが、この原因が、雄のほうにあるのか、雌のほうにあるのかについては、全く分かっていない。

1回の交尾によって、すべての卵を有効卵として、産卵する様式は、一見より有利であるかのように思われる。ウンカ類は、なぜこのような様式を保持していないのであろうか。今後、交尾様式の進化の観点から更に検討していきたい。

引用文献

- ASSEM, J. VAN DEN and E. FEUTH-DE BRUJIN (1977) .
Ent. exp. & appl. 21 : 23~28.
- BELL, W. J. and M. K. BOHM (1975) : Biol. Rev.
50 : 373~396.
- ICHIKAWA, T. (1976) : Appl. Ent. Zool. 11 : 8~21.
——— and S. ISHII (1974) : ibid. 9 : 196~198.
——— et al. (1975) : ibid. 10 : 162~169.
- 石井象二郎・市川俊英 (1975) : 応動昆 19 : 295~296.
- 岸本良一 (1956 a) : 応用昆虫 12 : 202~209.
——— (1956 b) : 同上 12 : 105~111.
——— (1965) : 四国農試報 13 : 1~106.
- KUNO, E. and N. HOKYO (1970) : Res. Popul. Ecol.
12 : 154~184.
- LEWONTIN, R. C. (1965) : In "The Genetics of Colonizing Species" ed. H. G. BAKER and G. L. STEBBINS, pp. 77~94, Academic, New York.
- MACBEAN, I. T. and P. A. PASSONS (1966) : Experientia 22 : 101~102.
- MANNING, A. (1961) : Anim Behav. 9 : 82~92.
- OH, R. (1979) : 投稿中
- PARKER, G. A. (1970) : Biol. Rev. 45 : 525~568.
——— (1974) : Behaviour 48 : 157~184.
——— (1978) : Ann. Rev. Ent. 23 : 173~196.
- 末永 一 (1963) : 九州農試報 8 : 1~152.

ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病をめぐる最近の動向

農林水産省農事試験場 ^{まし}岸 ^{もと}本 ^{りよう}良 ^{いち}一

はじめに

イネ縞葉枯病の発生が収まってからかなりの年数がたったように思われる。各県の予察情報によれば大体1971～72年以降、北関東や西日本一円でも、発生面積は急速に減少している。この原因の一つとして、ムギ作が激減し、かわって稚苗移植による早植え栽培が広面積に行われるようになり、ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病のウイルスの伝染環を大きく阻害していることが挙げられる。しかし、ムギ作の比較的残っている関東北部などでは完全に終息してしまっただけと思えない状態が続いており、1974年からのムギ作振興によってイネ縞葉枯病の再流行が懸念されていたところへ、1977、78年と関東中・北部ではヒメトビウンカが多発生し、イネ縞葉枯病の激発が新聞などでも報じられた。北海道でも旭川市周辺でイネ縞葉枯病の発生面積が急増している。イネ縞葉枯病は再び流行するのであろうか。最近の話題を拾ってみた。

I ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病の分布

ヒメトビウンカは温帯アジアを中心に中国大陸、台湾、香港、フィリピンに広く分布しており、北ヨーロッパ、中近東にも分布の記載がある。イネ縞葉枯病の分布はこれよりはるかに狭く、特に日本列島中央部が中心となっているが、最近では稲作技術の変化の影響もあってか、分布や発生記録は増えている。

台湾では1969年、中央部で第1期作の水稲で発見され、その後の調査で台中、嘉義、屏東地方で発生している(謝, 1973)。日本での研究結果と比べて、伝染力がやや低いようで、これが台湾で本病が大流行しない原因ではないかと考えられている。ヒメトビウンカは全島に分布している。

ヒメトビウンカは中国大陸には広く分布しており、イネ縞葉枯病も分布している(白浜, 1978)。実際、筆者らの6～7月の東シナ海洋上移動昆虫の調査でも、セジロウンカ、トビイロウンカについて多数採集されるのはヒメトビウンカであり、特に1977、78年には多数採集された。そして、調査船上での赤血球凝集反応による保毒虫検定では、1977年には146匹検定して保毒虫は見られなかったが、1978年には154匹中5匹(3.2%)の陽性反応虫を得た。このことはこれら洋上移動中の昆

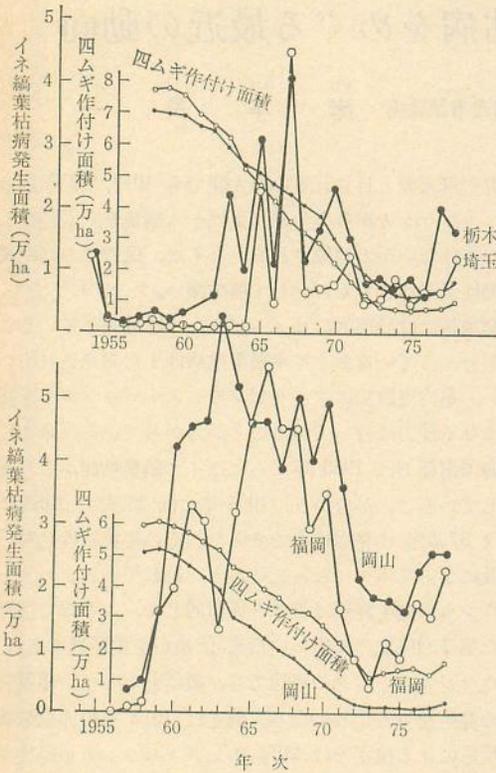
虫群の飛来源と目される中国大陸でも1977、78年にはヒメトビウンカが多発生し、更にイネ縞葉枯病も流行したのではないかと想像されるとともに、保毒虫の長距離移動性が示されたものとして興味深い。フィリピンでも、山間地帯には局部的にヒメトビウンカは分布していることが分かっているが、イネ縞葉枯病はまだ発見されていない。室内実験ではフィリピンのヒメトビウンカも保毒虫になる能力は持っていることが分かっている(岸本)。

韓国南部では1965年ごろにはイネ縞葉枯病が広く流行していることが分かり、1964年には26.3%、1965年には37.5%の発病株率であった。その後抵抗性品種の普及によって下火になっているといわれている。ヒメトビウンカの発生経過は日本と大体同じで、ムギ畑で増殖した第2回成虫の本田への飛来、伝染が主要経過である。

ウラジオストックの周辺でも、数年前からイネ縞葉枯病の発生を見るようになり、例えば1978年の赤血球凝集反応による検定では20%のヒメトビウンカが陽性反応を示したという(REIFMAN, 私信)。ヒメトビウンカの発生経過は北海道の場合と同じではないかと考えられる。

II イネ縞葉枯病の流行と保毒虫率の実態

第1図に示したとおり、イネ縞葉枯病は九州、四国、中国方面では1956年ごろからしだいに問題にされ始め、1959年から60年以降大流行の様相を呈した。そして多少の変動を示しながらも大体は非常に高い発生程度を維持しつつ、1972年ごろまで続いた。この流行の契機はいわゆる早植え栽培で、これは普通期栽培に適した品種を5月10～30日ごろ、つまり普通期栽培より1か月ぐらい早く移植する方法である。当時は第1図にも示したとおり、ムギ作もかなり行われており、早植え田はモザイク状にムギ作地帯に侵入して行く形となり、5月末から6月上旬に飛しょう分散するヒメトビウンカの第2回成虫の侵入に最適条件を提供することとなった。善通寺市における試験結果では第2回成虫の移動分散最盛日より15～20日前に移植されたものへの飛来が最も多いことが示された。この早植え栽培は香川県では1953年から始められ、1958年には全栽培面積の5.5%程度に達したが、そのほとんど全部がイネ縞葉枯病の激発を招き1961年以降急速に衰退した。しかし、この4～5



第1図 各県におけるイネ縞葉枯病発生面積の年次変化及び4ムギ合計作付け面積

年間のイネ縞葉枯病の流行によって、この地帯のヒメトビウカの保毒虫率は高められてしまったものと考えられ、その後、早植え田のみならず、普通田にも発病は波及し、10年以上にわたる流行のもとを作ったことになった。

九州地方における流行もほとんど同じころであった。1959年には特に福岡県豊前地方、大分県玖珠地方、熊本県矢部地方、宮崎県高千穂地方など山間、山麓地帯の早植え田での発生が目立った。ヒメトビウカの生息場所はやはりムギ畑と考えられた。

ヒメトビウカの自然個体群のうちで、ウイルスを保持しているものの率（以下保毒虫率と呼ぶ）の調査が相当数のウンカを用いて行われるようになったのは感作赤血球凝集反応法が開発された1962年ごろからで、既に流行は最盛期に入っており、流行前の状態や流行の激化する過程は分からない。保毒虫率の年次変動を見ると第1表に示したとおり、1966年ごろまでは10%を超える値を示している。この時期の普通寺市の早植え試験田での発病程度は第2表に示したとおり、激甚なものであった。この後、保毒虫率はゆっくり低下して行ったものと

第1表 保毒虫率の年次変動

| 年次 | 普通寺市 第1世代 | 筑後市 | | 鴻巣市 | |
|------|--------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 越冬 世代 | 第1 世代 | 越冬 世代 | 第1 世代 |
| 1964 | 16.4 | | | | |
| 65 | 13.1 | | | | |
| 66 | 11.1 | | | | |
| 67 | 8.1 | | 7.4 | | |
| 68 | 6.3 | 5.9 | 5.4 | | |
| 69 | | 5.3 | 4.2 | | |
| 70 | | 1.4 | 1.8 | | |
| 71 | | 1.1 | 1.7 | | |
| 72 | | 0.4 | 1.0 | | |
| 73 | | | | 11.2 | 12.4 |
| 74 | | | | 8.7 | 6.5 |
| 75 | | | | 7.7 | 7.2 |
| 76 | | | | 7.9 | 8.0 |
| 77 | | | | 8.0 | 6.7 |
| 78 | | | | 14.8 | 12.6 |
| 79 | | | | 20.2 | |

第2表 各地各年次の無防除試験田におけるイネ縞葉枯病発病程度

| 地名 | 年次 | 5月20日植田** | 5月30日植田 |
|------|------|-----------|---------|
| 普通寺市 | 1961 | 88.9%* | 45.3%* |
| | 64 | 93.3 | 65.3 |
| | 65 | 71.1 | 92.7 |
| 筑後市 | 1967 | 61.0 | 21.0 |
| | 68 | 38.2 | 10.2 |
| | 69 | 1.4 | 1.1 |
| 鴻巣市 | 1974 | 33.9 | 21.4 |
| | 76 | 7.3 | 5.2 |
| | 77 | 57.3 | 37.6 |
| | 78 | 49.7 | 57.3 |

* 発病指数、各調査株の発病程度を0, 1, 2, 3に分け、全株3の場合を100%とした。

** 普通寺市の場合は5月15日植え。

考えられる。

福岡県筑後市での保毒虫率調査は、1967年に始められたが、イネ縞葉枯病の流行は最盛期をややすぎたところで、この場合も流行の最盛期にどれぐらいの保毒虫率を示していたかは不明であるが、この年及び1968年に九州一円103地点を調査したうちには10~11%程度の値を示す地点が見られた。筑後市では保毒虫率は5~7%台であったが、ウンカの密度が高かったこともあって発病程度はまだ相当高い値を示していた。1969年越冬世代の飛来成虫期の保毒虫率は4%台に低下していたが、ウンカの密度はかなり高く、本田初期の発病傾向はまだかなり目立っていた。この年はセジロウンカ、トビロウンカの異常多発生年であって、無防除田はほとんど全滅し、一般農家のほ場でも殺虫剤による徹底した防除が

行われた。このためヒメトビウンカの発生もかなり抑えられ、続いて翌 1970 年の保毒虫率は急速に低下し、1%台になった。この年を契機に九州地方のイネ縞葉枯病は一応の終息を見たように思われる。その後もずっと発病程度も低く、したがって保毒虫率も低い値を維持して来たものと想像されるが、1979 年 2 月採集した越冬幼虫の検定結果でも福岡県西部では 1.3~1.5% 程度であった。しかし、一部では、例えば那珂川町では発病もしいだいに問題になり始め、保毒虫率も 8.0% を示した。

関東における 1960 年以降のイネ縞葉枯病の発生状況は第 1 図に示したとおり、西日本より 3~5 年遅れて始まっており、顕著な変動を示しながら進み、1967 年に大発生を見た。その後も多少の変動を示しながら 1971~72 年ごろから安定して少発生状態に入ったように見えた。この一見隔年の多発生の原因については越冬世代から第 1 世代幼虫発育期にかけての生存率に依存するものと考えられている。しかし、このころの保毒虫率については調査がなく、現況と対比することは難しい。

III 最近の流行

関東一円における保毒虫率の検定は 1972~73 年の越冬世代から始められたが、10~13% の値を示したのは鴻巣市周辺以北、群馬県東南部、栃木県一円、茨城県西部のかなり広い地域であった。一方、茨城県東部、埼玉県南部や静岡県では 5% 以下であり、発病もほとんど問題でなかった。鴻巣市における保毒虫率は 1974 年には顕著に低下し 6~8% 台になり、このまま低下の傾向を続けるかと予想されたが、その後はほとんど同じ程度の率を維持した。この傾向は関東中・北部一円において広く見られたが、栃木県佐野市周辺や群馬県館林市周辺ではこの間も 12~18% の高い水準を維持しており、いわば縞葉枯病の巣のような観を呈していた。これらの地帯ではムギ作が維持されており、一方では稲作の早期化の影響も強く受けて、作期の混交が見られる地帯で、縞葉枯病の伝染環の成立にとっては非常に好適な条件が与えられている。

しかし、この安定は 1976 年を底にして破られた。1976 年はヒメトビウンカの第 2 世代虫密度は極端に低く、ネット採集虫（直径 1m のネットトラップによる第 2 回成虫の全捕獲虫数）も 100 余りであり、73~75 年には 500 台にあったのに比べて 1/5 程度であった。このため発病も極めて少なく、越冬世代へ向かって保毒虫率もやや低下した。翌 77 年には逆にヒメトビウンカの発生量は 2,000 程度になり 73~75 年平均の約 4 倍、76 年の 20 倍近くに達する大発生となった。保毒虫率は低

かったが、ウンカの発生数が極端に高かったため発病も非常に激しいものとなった。このヒメトビウンカの多発生の原因も明らかではないが、越冬世代虫の密度は例年と差がなく、ムギ畑における第 1 世代虫密度が、卵時期から高く、幼虫期の生存率も高かったという調査例が多い。第 1 図に示したとおり、ムギ作面積も 75~76 年を最低にしてやや上昇傾向にあるが、この面積増だけでは説明出来ないほどのものである。

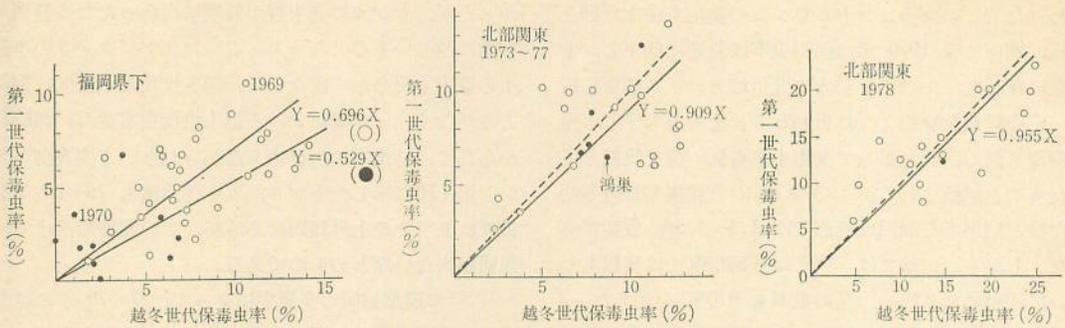
77 年の縞葉枯病の多発生によって、77~78 年の越冬世代の保毒虫率は一斉に上昇し、例えば鴻巣市周辺では 15% ぐらい、栃木県南部から群馬県東部一円では 20~25% に達し、1972 年の水準以上に達した。1978 年第 2 回成虫数は 1977 年よりはやや減少したものの 1,600 程度であったため、発病程度は前年を上回る地帯が多かった。

78 年のイネ縞葉枯病多発生の結果 78 年から 79 年にかけての越冬世代の保毒虫率は更に上昇し、鴻巣市をはじめ埼玉、群馬、栃木、更には茨城県西部の 4 県の接する地帯では多くの地点で 20~25% のレベルに達した。筆者も現在までにかなりの地点数、個体数について、検定を行ってきているが越冬世代にこのような高い値を得た経験はない。もちろん、大流行した 1960~65 年ごろの数値が得られていないので比較は困難であり、また、特定の激発田だけに限って調査すれば越冬世代虫では 40% を越えるような例も珍しくはない。

IV 保毒虫率を変動させる要因

野外における保毒虫率の変動状態は、縞葉枯病やヒメトビウンカの発生動向との関連で十分に明らかになって来つつあるが、保毒虫率を変動させる要因について考えてみたい。

保毒虫率を変動させる要因として、①経卵伝染率、②獲得保毒虫率、③保毒虫率の異なる個体群間の移動や混合、の三つを挙げることが出来る。あるヒメトビウンカの個体群の次の世代の個体群の保毒虫率の基礎になるものは第 1 に経卵的に保毒虫を生ずる率である。もし、経卵保毒虫率が 100% であれば、保毒虫率は低下しないはずである。飼育実験によれば経卵伝染率は非常に高く、例えば新海 (1962) の 40 世代にわたる 1,712 匹についての結果では 96% に達したし、筆者の研究結果でも高い系統では 90.2% に達した。一方、ヒメトビウンカやウイルスの系統によっても変化が大きく、高い場合には 96.5%、低い場合には 71.3% ないし 18.8% という値が得られている。野外における経卵伝染率の高低は、流行の将来を予測するうえで非常に重要であるが、実際に



第2図 各地における越冬世代から第1世代への保毒虫率の低下傾向

測るのは難しい。同一地点で越冬世代と第1世代について保毒虫率を比較すれば、この間にはほとんど寄主植物上にウイルス源がなく、成虫の飛しょうによる分散もあまりないので、近似的に自然低下率つまり経卵伝染率を得ることが出来る。第2図に示したように、福岡県の場合低下率は大きく、特に1970年には1世代で半分ぐらいに低下することを示している。1969, 70年には筑後での例でも顕著な保毒虫率の低下を示しており、このころを契機に九州地方での縞葉枯病の流行が一応の終息を見たことは注目値する。これに比べて関東一円の場合には低下率は非常に小さく、急速な自然低下は期待出来ないことを示している。1978年には保毒虫率は各地とも顕著な上昇を示した後であるが、このような場合でも経卵伝染率は決して低くない。

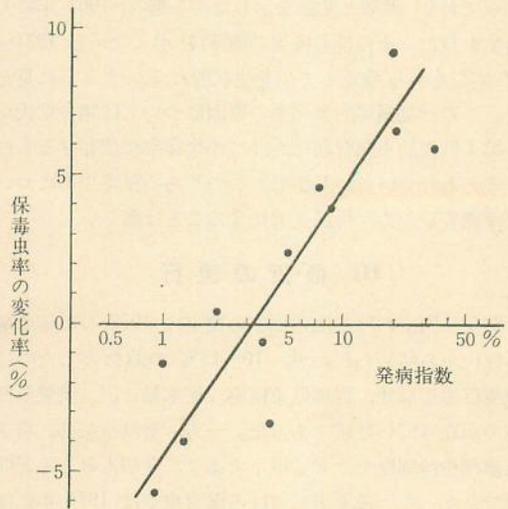
自然界における越冬世代から第1世代への保毒虫率の変化は経卵伝染率が最も大きく関与しているものと思われるが、これにはウイルスとヒメトビウンカの親和性に地域差があるのかも分からないし、また、気温や餌植物の地域差も考えられるが、その解析は今後の問題である。

次に吸汁による獲得保毒虫率は水田に侵入後3世代を経て越冬に入るまでの間に、発病した水田内で、保毒虫率はしだいに上昇して行くが、その上昇程度は発病程度に比例するものと考えられる。もちろんこの間に経卵的に無毒化するものを考えに入れる必要があるが、この値が前述のとおり変異が大きく、決定は今のところ困難である。これを無視して、次の式により保毒虫率の変化傾向を求め、これと発病程度との関係を示すと第3図のようである。

保毒虫率の変化率 (%)

$$\frac{\text{最終世代保毒虫率}(\%) - \text{侵入世代保毒虫率}(\%)}{100 - \text{侵入世代保毒虫率}(\%)} \times 100$$

なお、調査は場の発病指数は、調査株ごとにその発病程度を 0, 1, 2, 3 に分け、調査全株が3の場合を 100



第3図 ほ場における発病指数と侵入世代から越冬世代までの保毒虫率の変化率 (鴻巣市, 1974~76)

%とした。発病程度を対数に変換すると保毒虫率の変化率は直線関係を示し、発病指数 3~4% 付近で変化率0の線と交差する。すなわち、この程度の発病ほ場内では獲得による保毒虫率の増加と自然低下率とが均衡することを示している。この均衡点は侵入世代の保毒虫率によって変化するが、図に示した 1974~76 年の間は侵入世代の保毒虫率は 6.5~8.0% であり、この程度の保毒虫率では発病指数 3~4%、発病株率では 10~12% が均衡点ということであり、侵入世代保毒虫率が高ければ均衡点も高くなり、低ければ低くなるのは当然である。実際に減収が問題になるのは特定の病害虫一つについて 3~5% 以上の場合が多いので、結局は保毒虫率、発病指数をこれ以下に抑えなければ縞葉枯病の流行を終わらせることは期待出来ないことになる。

保毒虫率の異なる個体群の混合、移動は、特に5月末から6月中旬の第2回成虫期と8月から9月にかけての

第4～5回成虫期に成虫の顕著な移動が見られ、このときに保毒虫も移動するので、保毒虫率は平均化されるものと考えられる。この平均化は多かれ少なかれあらゆる時期に進んでいるものと考えられるが、問題は保毒虫率が高い地帯から定った向きの風によってウンカの成虫が運ばれてくる場合で、柳(1978)は長野県佐久地方では山を越えて関東地方から保毒ウンカが流入してくる可能性を主張しているが、確証は十分とはいえない。ヒメトビウンカの飛しょう能力が思ったより大きいことが分かって来た現在、まだ縞葉枯病の発生の認められていない地点でも、しばしば保毒虫の侵入は見られるものと思われ、能率のよい伝染環が成立すれば流行は起こる可能性はあるものと考えなければならない。

おわりに

関東中・北部地帯では以前から何回かイネ縞葉枯病の流行を見ているのであるが、その原因がかなり明らかにされて来つつあるのではないかと思われる。すなわち、

発病があれば保毒虫率の上昇は容易であり、自然低下率は低いので短期間のうちには下がらない。ヒメトビウンカの発生密度は、変動は大きい、概して高い。したがって保毒虫率が十分下がらないうちにこれを押し上げるような多発病が起こりがちであり、この状態を永年繰り返しているものと考えられる。更にムギ作の増加はヒメトビウンカの密度を高める働きをすのであろうし、稲作の機械化によって作期は早まることはあっても遅くなるようなことはないと思われる。したがって、1976年のようにヒメトビウンカの異常少発生年には一見小康を得るかも分からないが、根本的な解決には至らないであろう。イネ縞葉枯病をほぼ完全に阻止するためにはヒメトビウンカとウイルスの伝染環を阻害するに十分な程度の遅植えをするか、強力な防除作戦によってヒメトビウンカの密度を抑圧し続けるか、の方法しか今のところはない。前者は農業経営上の問題があり、後者には環境保全上の問題が予想される。



新刊紹介

「昆虫の生理と化学」

日高敏隆・高橋正三・磯江幸彦・中西香爾 編

定価 3,800 円

A5判 350 ページ

喜多見書房 発行

鎌谷書店 取次

(東京都千代田区神田神保町1の47)

はしがきにあるように昆虫学と有機化学の橋渡しにすることを企図したもので、著者はいずれも第1線で活躍している中堅あるいは新進の25名の人々である。本文23編の内容は古くから歴史を誇るホルモン関係、ようやく世界の第1線に躍り出たフェロモン関係のエッセイがそのほとんどを占め、他は植物成分と昆虫とのかわりあい及び防御物質などについて述べられている。いわゆる生理活性物質といわれるものについて、様々な角度から自分自身の研究を通して語られたエッセイ集といったものである。したがって、裏話も出てくるし、苦労した点、研究の発想などいままでなかった内容を知ることができる。表現についてもなるべくやさしくといって配

慮のあとが伺われる。生物関係の人も化学関係の人も気軽に読めるのではなからうか。サイエンティフィック・アメリカンに連載された同種のエッセイが、それぞれ1冊にまとめられて単行本として発刊されているが、それに若干似たものであるが、前に述べたように少し違う点はある。これはあくまで自分自身の研究を中心として語られていることである。この相異点が本書の企図する点であるといってもよい。

しかしながら、ここで一言いわせてもらえば、このような本は素人が読む場合に視覚的にも内容の理解の助けとなることが必要で、図なども学問的に正確であると同時に、専門家によって統一的に書き直された美しさや楽しさを感じさせるものであることが望ましかった。化学的分画の方法の場合の表示も、日本語あり英語ありでいささか編集に手を抜いた感がないでもない。植物名も学名だけであったり、昆虫の名前も「昆虫図鑑」を参照しろというのは、この種の本としては不親切と言われても仕方がなからう。もう一つ注文をつけるなら、「編集者の責任」で、ホルモン、フェロモン、防御物質、食性などのまとまりのつくところで概説的な解説をつける必要があったのではなからうか。

多少注文つけたが、3,800円という値段の高さを別にして、本書の企図に対して賛意を表したい。

(九州農業試験場 湯嶋 健)

ツマグロヨコバイ類とイネのわい化病、 トランジトリーイエローイング

農林水産省九州農業試験場 いの うえ ひとし
井 上 斉

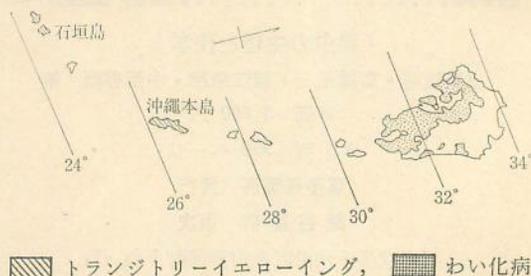
まえがき

ツマグロヨコバイは、西日本各地においては水稲を直接加害するよりも、萎縮病及び黄萎病の媒介虫として重要であるが、近年、ともに本虫が媒介する「わい化病」及び「トランジトリーイエローイング」という2種のウイルス病が新たに認められた。したがって、ツマグロヨコバイは我が国水稲の虫媒ウイルス・マイコプラズマ病6種のうち、綺葉枯病、黒すじ萎縮病を除く4種にかかわりを持つことになった。

わい化病は、1970年代の初めに発見されたウイルスである。当時、九州有明海沿岸の平坦地で、出穂期前に葉身が退色するとともに草丈の短縮する症状が発生した。それに対し、九州地域内の農業試験場による緊密な連携の共同研究が進められ、1973年(発表は1974年)にそれがツマグロにより半永続的に伝搬されるウイルス病であることが明らかにされた(横山ら, 1974; 平尾, 1974)。その後、本病は1964年にフィリピンで発見され、熱帯アジアに広く分布するツングロ病(LING, 1966)と諸性質が似たウイルスであることが明らかになった。本病の発生地は九州地域(南西諸島は未発生)に限られ、1972年と1973年、とりわけ1973年の発生面積は2.5万haに達したが、翌74年からの発生は急速に衰勢に転じ、76年より現在まで、かつての発生地においてほとんど発病を認めることもなくなっている。このような衰退の原因として、本病が流行と非流行の振幅が大きなウイルス病であって、しかも、発生が衰勢に向かう時期に媒介虫防除や耐病性品種導入を効果的に行なったことによると思われる。しかし、筆者らが1978年に鹿児島県農業試験場病虫部との共同調査によって、鹿児島市谷山ならびにその周辺の早期・普通期水稲に本病の散発を認めたことは、このウイルスが南九州などの暖地で恒常的に周年伝染環を形成しており、条件さえ整えば再び流行する可能性があると言える。

トランジトリーイエローイングは、1963年に台湾のCHIU氏らにより発見された永続的伝搬ウイルスである(CHIUら, 1965)。台湾名は黄葉病と呼ばれ、主に台南を中心に1960年代前半に流行した。症状はわい化病によく似ているが、病徴の潜伏期間がわい化病の約40日

よりも短く、約15日で初期症状が現れるほか、台中在来1号など外国イネにも病徴が現れることから区別できるし、もちろん、媒介様式やウイルス粒子の形状(砲弾形)はわい化病(球形)と全く異なっている。沖縄における本ウイルス病の発生は、植物ウイルス研究所第2部、熱帯農業研究センター沖縄支所第3研究室と九州農業試験場虫害第3研究室が沖縄県農業試験場病虫研究部の協力のもとに、1977年に確認した。そして、1978年に沖縄県農業試験場が実施した調査では、発病が西表島から沖縄本島北部まで広く認められ、所によっては発病株率が10%に達しているとも言われているので、本病は沖縄県における最も重要なイネウイルス病に位置付けられることになった。また、筆者らは、鹿児島県農業試験場病虫部の協力を得て、本病発生の北限地を探る調査を奄美大島などで実施中であるが、現在までのところ、第1図のように、沖縄本島より北の南西諸島における発生は認めていない。



第1図 我が国におけるわい化病とトランジトリーイエローイングの発生地帯

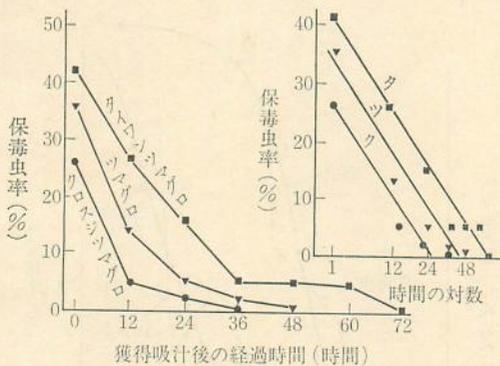
I ツマグロヨコバイ類とわい化病

1 媒介虫の種類と媒介様式

わい化病の媒介虫はツマグロヨコバイのほか、南西諸島以南に分布するタイワソツマグロヨコバイ、クロスジツマグロヨコバイ、マヤツマグロヨコバイの計4種である。このうち、石垣島以南に分布するマヤツマグロヨコバイの寄主植物は、筆者の調査によればサヤスガサの1種であり、水田へは侵入しないので、媒介虫としての重要性は低い。これらのツマグロ属(*Nephotettix*)のほか、筑後地方の水田付近で採集された11種のヨコ

バイ類, 主要ウンカ類についても媒介実験が行われたが, いずれも陰性である (平尾, 未発表)。特に, イナズマヨコバイは, わい化病類縁のツングロを媒介することがタイ国で報告されているので, 多数の供試虫を様々な条件で試験したが, いずれも陰性の結果が得られた。

ツマグロ類によるわい化病ウイルスの伝搬様式は半永続的である。つまり, これまでの水稲の虫媒ウイルス病がいずれも永続的伝搬なのに対し, 本病は新しいタイプであり, 研究が進むにつれて新しい事実が次々に明らかにされた。ツマグロによる媒介の特徴は, 第1に虫体内潜伏期間が認められず, ウイルス獲得吸汁に引き続き直ちに媒介力が発揮できることに加えて, 虫体内のウイルスが時間の経過とともに徐々に失われる点にある。これらの特徴については, 平尾・井上 (1978, 1979) の詳細な研究結果が報告されており, ツマグロによるウイルス獲得のための最短吸汁時間は 25°C で 30 分であるが, 吸汁時間が長くなるに伴い保毒化する虫の割合が高まり, 12 時間ではほぼ最高に達する。接種吸汁の最短時間は 30 分以内, 恐らく吸汁条件によっては, 10 分程度でもウイルス媒介は可能であろう。成虫体内におけるウイルス保持期間は大部分の虫が 1 日以内, 最も長くても 3 日間が限度のようである。獲得吸汁後の時間の経過とともに保毒虫率が低下する傾向は, 第2図のように時間を対数にとると直線的に下降する。この傾向は他のツマグロ類にも当てはまり, 直線の勾配は種類による差が認められない。



第2図 ツマグロ類によるわい化病ウイルスの虫体内保持期間 (25°C)

次に, 保毒幼虫は脱皮とともに無毒化することが知られている。この現象が本ウイルスの虫体内における増殖を否定する根拠でもあるが, 幼虫の脱皮とウイルス消失の関係のメカニズムはまだ解明されていない。

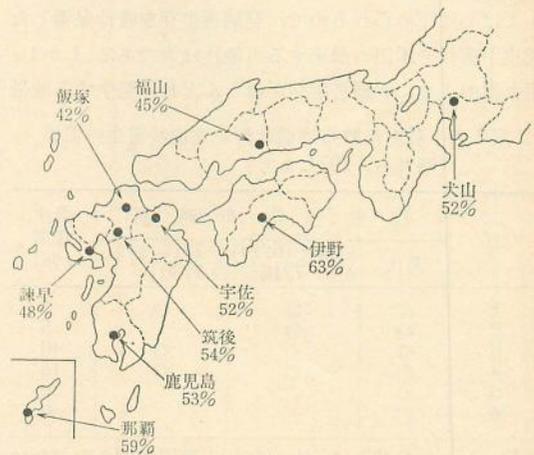
ところで, ツマグロ類4種は先に述べたようにいずれも本ウイルスの媒介虫であるが, 種類間に媒介力の違い

第1表 4種ツマグロヨコバイ類によるわい化病ウイルス媒介虫率

| 種類 | 媒介虫率 | | | |
|----------|----------|-----------|------------|-----------|
| | 試験 I (C) | 試験 II (C) | 試験 III (S) | 試験 IV (S) |
| タイワソツマグロ | 65 | 43 | 64 | 65 |
| マラヤツマグロ | 61 | — | 70 | — |
| ツマグロ | 40 | 21 | 27 | 19 |
| クロスジツマグロ | — | 14 | 40 | 8 |

注 C及びSはわい化病ウイルスの系統を示す (C系統は病徴が軽く潜伏期間は約40日の一般的なもの, S系統は病徴が激しく潜伏期間は約15日の筆者が分離したもの)。

が認められている (井上, 1978)。第1表に示すとおり媒介虫率は試験回次によりかなりの変動を示すが, 種類間の相対的な比較をすれば, タイワソツマグロ ≧ マラヤツマグロ > ツマグロ > クロスジツマグロの順に並べることができる。媒介虫率の高い種類では比較的短時間の獲得吸汁によって媒介虫率が高まる。一方, それらの保毒虫率の減衰傾向は第2図のように, 媒介虫率の高い種類と低い種類で直線の勾配には差がない。つまり, 大部分の虫のウイルス保持期間は1日以内であるが, 保毒虫率の高い種類には長時間保持できる個体が含まれることを物語っている。これらの結果から, 4種の媒介虫間では本ウイルスの獲得能力に明らかな違いがある。この媒介能力が違う原因の一つに種によってウイルス粒子を吸汁獲得する量の違いがあり, それが保持期間の長さにも反映するのではないかと考えられる。また, 同一種でも保毒虫率が高い場合は保持期間が長くなる傾向があり, 上記の異種間の保毒虫率と保持期間の関係に類似している。



第3図 各地産ツマグロヨコバイによるわい化病媒介力

また、1976年3月に西日本地域9地点からツマグロ越冬幼虫を採集し、その次世代成虫の媒介力を検定したが、媒介虫率、ウイルス保持期間のいずれにも地点間の差が認められない(第3図)。このことからみて、本病流行が九州地域に限られる原因は、ツマグロのウイルスに対する親和性の地域差によるものではなく、ウイルスの周年伝染環、保毒ツマグロの移動飛来などに起因するとみなされる。

2 本田における媒介生態

(1) 保毒ツマグロの侵入

酒井ら(1974)は福岡県におけるほ場試験で、殺虫剤散布時期と発病程度を見ることにより、保毒虫の水田侵入時期は苗代期に始まり7月中旬までの期間であることを推定している(第2表)。また、上和田ら(1976)も鹿児島県において、6月下旬から7月中旬にかけての保毒虫侵入を述べている。いずれもツマグロ第2回成虫を指しており、これらは普通期水稻の苗代や本田へ活発に侵入する性質を持っている。本ウイルスは保毒虫から次世代虫へ経卵伝染しないことが知られており、成虫は水田への侵入に先立ち、発病植物を吸汁して保毒化しなければならない。ウイルスの宿主植物探索はイネ科植物を中心に、九州農業試験場病害第2研究室によって続けられているが、九州地域の野生植物はいずれもウイルスに免疫である(未発表)。また、従来からウイルスの越冬植物として水稻再生芽にも目が付けられていたが、近年、同研究室(未発表)は筑後市におけるほ場試験により、発病水稻の春期再生芽の発生と、それを吸汁したツマグロ成虫の保毒化の実験的証明に成功した。流行との関係については実証されてないが、暖冬の春期再生芽は一般に観察されており、それにツマグロが好んで集まることもしばしば認められるので、発病再生芽を吸汁保毒した成虫が苗代や本田へ飛来する可能性は大である。しかし、南九州のように春期再生芽がほとんど毎年発生する地帯

の流行も近年途絶えている原因について、更に検討の必要があると思われる。

(2) 本田の媒介生態

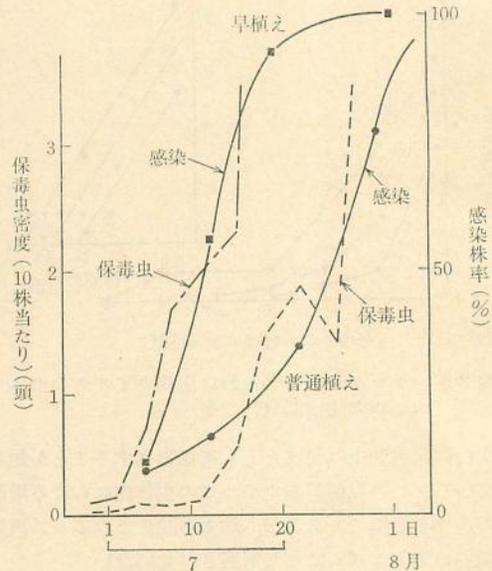
ツマグロによる本ウイルスの伝搬様式は半永続的であり、本田における保毒虫発生、感染株広がり経過は萎縮病など永続的伝搬ウイルス病と全く様相を異にしている。筆者は筑後市の九州農業試験場水田において、田植えと同時に発病株植え込みを行いそれを侵入保毒虫による第1次感染株に見たて、自然発生のツマグロがそれをもとに保毒化し、感染の広がる過程を実験的に調べた(井上, 1977)。なお、この試験は1976年に実施したが、試験水田周辺に自然発病は認められず植え込み感染源をもとにした発病のみであった。

スズメノテッポウなどで生育したツマグロの第2回成虫の発生は6月上旬に始まり、普通期栽培の田植えが6月中・下旬に行われると直ちに本田へ侵入する。保毒検定によれば、田植え1週間後に早くも5%程度の成虫が保毒化するが、その後は緩やかに増え続け、田植え2~2.5か月後の8月中旬(第3回成虫)または9月上旬(第4回成虫)に認められる保毒虫率のピークは40~50%に達する。一方、感染株調査(本病は病徴潜伏期間が長く、生育後期の水稻の病徴判定が微妙であって、すべて戻し接種により判定)によれば、7月上旬までは比較的緩やかに増加し、7月中旬から急に広がる。その経過を保毒虫密度と感染株率の関係で見ると、第4図のように、保毒虫密度が10株当たり1頭以上になった時期から感

第2表 殺虫剤散布時期とわい性症状発生の関係 (酒井ら, 1974より)

| 区 | 殺虫剤散布時期 | | | 発生株率 (%) |
|---|---------|-----------------|------------|----------|
| | 苗代 | 田植え(6/24)から7/16 | 7/17から7/30 | |
| 1 | ◎ | ◎ | ◎ | 2 |
| 2 | ◎ | ◎ | | 5 |
| 3 | ◎ | | ◎ | 40 |
| 4 | ○ | ◎ | ◎ | 15 |
| 5 | ◎ | | | 30 |
| 6 | ○ | | | 60 |

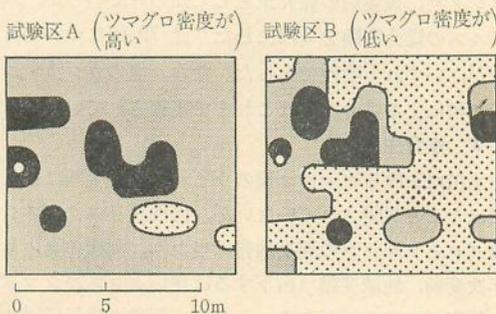
- 1) わい性症状とは、わい化病の原因が明らかでないところの名称。
- 2) ○慣行散布, ◎散布強化(慣行散布+2回散布)



第4図 本田におけるわい化病保毒ツマグロヨコバイ密度と水稻の感染株率の関係 (1976年)

染株が急速に増え, 保毒虫密度も高まる。感染が最も進む時期は7月10日ないし下旬, 言い換えれば第2世代幼虫の発生盛期から第3回成虫の発生初期に相当する。この結果は, 前記酒井ら(1974)や上和田ら(1976)により推定された保毒虫侵入に続く主要感染期に相当し, ここに述べた病株植え込み試験が自然感染の経過をかたりの程度再現していると言える。

本田における発病株発生についてこれまでの観察によれば, まず, 草丈が低く葉色の退せた数株ないし数十株から成る不整円がほ場のあちこちに形成され, やがて発病が一段と広がるときはそれらの不整円が拡大融合し, 水田全面が波立つような感じになることが認められている。発病時期からみて, 8月上・中旬に発生する不整円の病株は侵入保毒虫が伝搬したものであり, その後, 二次感染により発病が全面に広がる経過が示されている。ここに述べた病株植え込み試験において, 第5図のように, 植え込み病株を中心とした感染圏拡大の経過は, まず第2回成虫による感染株が植え込み病株からの距離で6~8m, 株間にして25~35株, 最大11mの半径を描いた範囲に散在する。第2回成虫は水田内における動きが極めて活動的であり, それが感染圏の拡大に有効に働いている。その後, 圧倒的な密度の幼虫(株当たり5~8頭)が隣接株へまんべんなく感染を広げるものと考えられる。感染圏拡大は早ければ田植え約1か月後(ツマグロ密度が高い試験区A), 遅くとも1.5か月後(試験区B)に半径12m程度の範囲内(約400m²)の株はことごとく感染してしまう。この感染経過は永続的伝搬ウイルスの萎縮病などに比べ, 格段の速さである。なお, 病株植え込み時期が遅くなれば感染圏は小さくなる(前島ら, 1976)。



第5図 わい化病病株植え込み(感染源)による感染圏拡大の時的経過(普通期本田)

白丸は感染源, 感染時期を区分し, 田植え期~7月4日(最も濃い部分), 7月5~22日(次に濃い部分), 7月23日~8月8日(薄い部分)。

本病には幾つかの耐病性品種があることは流行当初から知られ, レイホウは感受性, フクマサリ, 西海139号は耐病性の代表的品種として知られている。また, 病徴が不明りょうなトヨタマ, ツクンバレなども耐病性品種とされ, レイホウの代替品種とみなされてきた。そこで, これら品種についても, 病株植え込み試験を実施したところ, 耐病性強のフクマサリ, 西海139号では保毒虫, 感染株とも全く現れないが, トヨタマ, ツクンバレと感受性のレイホウでは, 保毒虫発生や感染圏拡大がほとんど同じような経過で認められた。ただし, 病徴についてはトヨタマ, ツクンバレとも軽微であり, 特に出穂後はほとんど健全株との区別ができない。実用的見地からすれば, これらの利用価値は高いが, 本病の流行を抑止する目的で導入することは, 恐らく無効と思われる。更に, かつて東南アジアのツングロに耐病性であったIR8及びこれを母本にした品種が, フィリピン, タイで1973~75年に感受性化した事例もあり(媒介虫に対する耐虫性が低下したとする説もある), トヨタマ, ツクンバレなどについては, 耐病性の遺伝子源を再評価するとともに, 今後も注意深く取り扱うべき品種であろうと思われる。

II ツマグロヨコバイ類とトランジトリーイエローイング

1 媒介虫の種類と媒介様式

このウイルス病については, 既に台湾においてクロスジツマグロ, ツマグロ, タイワソツマグロの3種が永続的に伝搬することが報告されている。筆者が九州農業試験場の累代飼育虫を供し追試した結果も, これら3種が媒介虫であることを確認した(井上, 1979)。

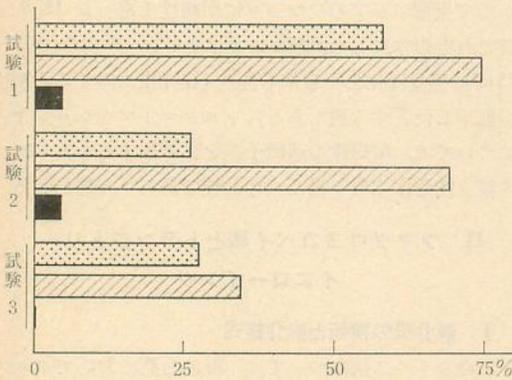
ツマグロ3令幼虫を病穂上で2日間ウイルス獲得吸汁させた場合の媒介様式は第3表のように, 約10日余りの虫体内潜伏期間を経て, ほとんど生涯ウイルスを媒介し続ける。この実験は接種吸汁を3日ずつ行っているが, 別に実施した1日ずつの接種吸汁実験によれば, 媒介はほとんど連続して毎日行われ, 老令化すればしばしば間欠的になることが認められる。媒介虫率は試験回次により変動するが, およそ30~50%である。また, 本ウイルスは経卵伝染しない。

上記ツマグロ類3種間には, 媒介虫率に差が認められ(第6図), 試験回次が違っても, クロスジツマグロ>ツマグロ>タイワソツマグロの順に並べることができる。このうち, クロスジツマグロとツマグロの違いは余り大きくないが, タイワソツマグロは前2種に比べ著しく低い。また, 雌雄で比較すると, 第4表のとおり, 3種とも雄が雌よりも高い。

第3表 ツマグロヨコバイによるトランジトリーイエローイングの媒介様式

| 供試虫 | ウイルス獲得吸汁開始後の日数 | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6~7 | 8~10 | 11~13 | 14~16 | 17~19 | 20~22 | 23~25 | 26~28 | 29~31 | 32~34 | 35~37 | 38~40 | 41~43 | 44~46 |
| 雄 | 1 | △ | - | - | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| | 2 | △ | - | - | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| | 3 | △ | - | - | + | + | - | | | | | | | |
| | 4 | - | △ | + | + | + | + | - | - | | | | | |
| | 5 | - | - | △ | - | + | + | + | + | + | | | | |
| 雌 | 1 | △ | - | + | + | + | + | + | + | + | - | | | |
| | 2 | - | △ | - | + | + | + | + | + | + | + | - | + | |
| | 3 | - | △ | - | + | + | + | + | + | + | + | | | |
| | 4 | - | △ | - | - | + | - | + | + | + | + | | | |
| | 5 | - | △ | - | + | + | - | - | - | | | | | + |

注 +媒介, -媒介なし, △羽化。
媒介実験は供試虫の個体別に, 死亡まで連続して行った。



第6図 ツマグロヨコバイ類によるトランジトリーイエローイング媒介虫率
(各試験とも上からツマグロ, クロスジツマグロ, タイワンツマグロの順)

第4表 ツマグロヨコバイ類によるトランジトリーイエローイング媒介虫率と虫体内潜伏期間

| 種類 | 媒介虫率(%) | | 虫体内潜伏期間(日) | |
|----------|---------|----|------------|------|
| | 雄 | 雌 | 雄 | 雌 |
| クロスジツマグロ | 70 | 50 | 9.9 | 11.7 |
| ツマグロ | 50 | 43 | 12.1 | 12.9 |
| タイワンツマグロ | 8 | 2 | 21.0 | 17 |
| マラヤツマグロ | 0 | 0 | - | - |

注 試験は時期をかえて3回行い, その平均値を示す。

ツマグロ類が病稲上でウイルス獲得吸汁を開始してから(獲得吸汁2日間)媒介開始までの虫体内潜伏期間は, いずれの種類も約10日以上であるが(第4表), その期間にも種類による差が認められ, 媒介虫率が高いクロスジツマグロが最も短く, 次いでツマグロがやや長く

なり, タイワンツマグロは20日程度にもなる。また, 雌雄で比較すれば, 媒介虫率が高い雄のほうが1~2日短い(タイワンツマグロは得られた保毒虫が少なく, 明白でない)。つまり, ウイルスに親和性(感染性)が高い種類では, 恐らく, 虫体内におけるウイルス増殖が速やかで, 潜伏期間が短くなるのであろう。

台湾における試験によれば, クロスジツマグロの媒介虫率は他の2種よりやや高いが, 3種間で余り大きな違いが認められないという。また, 虫体内潜伏期間はツマグロで若干長い, 他の2種は変わりがない。すなわち, 台湾の試験と筆者の試験結果には, タイワンツマグロとツマグロに関して媒介力に相違が認められる。この原因として, 虫の産地によるウイルス親和性の違い, ウイルス系統の違いなどが考えられるので, 今後更に, 比較実験が必要である。

石垣島以南に分布するマラヤツマグロは, わい化病, ツングロ, 黄萎病の媒介虫として知られているが, 本ウイルスの媒介実験を2回にわたり計79頭について行ったが, いずれも陰性であった。なお, 他のウンカ・ヨコバイ類による媒介実験はこれまで実施されていない。

2 媒介生態

水田におけるツマグロ類のウイルス媒介生態はこれまでほとんど試験されていないが, 南西諸島はクロスジツマグロとツマグロの混交地帯に当たり, 両種の発生量の年次変動, 地域変動(南下するに従いクロスジツマグロの比率が高まる)がある。しかし, 両種の周年経過は, ほぼ同じと考えられる。石垣島及び台湾では, 発病が一期作よりも二期作水稲に多いことが観察されている。石垣島の一期作, 二期作水稲の田植えは3月及び8月であり, ツマグロの周年経過から見ると, 一期作水稲田植えは第1回成虫(発病した二期作水稲を越冬前に吸汁し,

かなり多数の保毒虫が発生していると思われる)の発生末期または終息後に当たり、飛来虫数が少ないため発病が少ないと考えられる。したがって、もし田植えを2月上旬以前に実施すれば、当然飛び込み成虫数が多いので、発病ははなはだしくなるはずである。ツマグロの密度は一期作後半にかなり高まるが、水稲の感受性程度が低下して病徴を表さない。その後、発病再生芽などで保毒化した虫が二期作水稲へ飛来し、発病が多くなる経過をたどると思われる。

3 発生地域

本病の発生について、沖縄本島北部の沖縄県農業試験場名護支場ではかなり以前から類似症状があったことを認めており、本病の発生地域が最近拡大したようではなさそうである。けれども今後の問題として、もし保毒ツマグロの北上する機会があってウイルスが九州本島で定着すれば、ツマグロの密度が高いことからみて流行のおそれがあると言える。先に述べたように、本ウイルスは経卵伝染しないのでウイルスの周年伝染環成立の鍵となるウイルスの越年は、越冬ツマグロ幼虫の体内または水稲株刈り(春期再生芽)のいずれかによらなければならない。このような見地から本病の流行機構は黄萎病に類似している。黄萎病はかつて何度かの流行を繰り返し、今も南九州(鹿児島、宮崎)、関東などの早期栽培地帯に発生が多く、そこでは病原体(マイコプラズマ)が主として越冬ツマグロ幼虫の体内で越冬する。つまり、秋に発病水稲上で獲得吸汁した幼虫は冬期の低温と休眠により発育期間が5か月間にも及ぶ間に潜伏期間を終えて3、4月に羽化する。そこへ早期栽培水稲が植え付けさ

れば、直ちに飛来し伝搬が行われる。特に、早期と普通期栽培が混交するとか、早期栽培の収穫後そのままイネ株が放置されて再生芽が現れるなどの条件下では、より安定した流行の基盤ができる。南九州の早期栽培地帯は南西諸島からの距離が近く、発生に注意を払う必要がある。

中華人民共和国の研究誌「中国農業科学」1977年第3期によれば、中国大陆で発生が確認された水稲ウイルス病(マイコプラズマを含む)は、萎縮病、縮葉枯病、黒ずじ萎縮病、黄萎病のほか「黄矮病」という病名が記載されている。この発生地帯は台湾に近い南部地域であり、その病徴、ツマグロにより永続的に伝搬される様式などは、トランジトリーイエローイングに類似している。最近、電子顕微鏡によるウイルス粒子の確認に成功したという情報もあり、本病が発生していることはほぼ間違いないと思われる。更に、発生地域は熱帯アジアの北部地域に広がっている可能性もあるので、今後詳細な調査が行われることに期待したい。

主な引用文献

- CHIU, R. J. et al. (1965): Bot. Bull. Acad. Sinica 6: 1~18.
 Hirao, J. and H. INOUE (1978): Appl. Ent. Zool. 13: 264~273.
 井上 斉 (1977): 九病虫研会報 23: 88~91.
 INOUE, H. (1978): Plant Dis. Repr. 62: 867~871.
 ——— (1979): Appl. Ent. Zool. 14: 123~126.
 LING, K. C. (1966): Phytopath. 56: 1252~1256.
 斉藤康夫ら (1978): 日植病報 44: 666~669.
 酒井久夫ら (1974): 九病虫研会報 20: 119~121.
 横山佐太正ら (1974): 同上 20: 140 (要旨).

協会だより

一本 会

○明日山秀文研究所長叙勲さる

春の叙勲により明日山秀文研究所長(元農林省植物ウイルス研究所長・東京大学名誉教授)は勲三等旭日中綬章を受章された。

○編集部より

本年2冊目の特集号をお届けします。「ウンカ・ヨコバイ類」と題し、9題の論文を併録してあります。ウンカ・ヨコバイ類研究における最近の話題を巻頭に、各論で8題が解説されております。

本号は口絵写真は休載です。

54年3月に登録された農薬は1薬剤ですので、本号は休載し、次6月号に4月分の登録農薬と併録いたします。

○出版部より

☆『茶樹の害虫』—南川仁博・刑部 勝共著—は著者校正が済み、現在印刷所において本文印刷中です。あと口絵カラー写真を印刷し、製本の段階に入ります。次6月号の発行時には発行月日・頒価・送料が決まります。御期待下さい。

ヒメトビウンカの細胞内共生微生物

の だ ひろ あき
野 田 博 明
島根県農業試験場

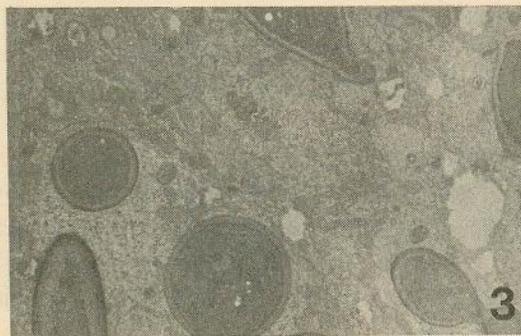
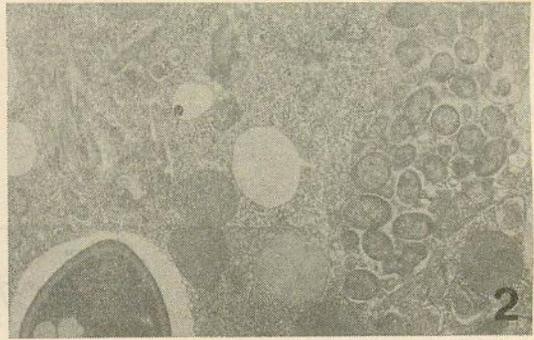
はじめに

自然界では生物同士が互いに影響を及ぼし合って生活しており、寄生 (parasitism) や共生 (symbiosis) といった現象は古くから自然観察者の興味の対象であった。昆虫と微生物との関係をもて、昆虫に病気を起こす病原菌、昆虫が媒介する動植物病原菌などが多く知られており、昆虫と微生物とは深くかかわっていることがうかがわれる。しかし、病原性を有していない微生物については、あまり関心が払われなかった。その中には単なる共生 (commensalism) の場合や、互いに利益を与え合っているような相利共生 (mutualism) の場合がある (RICHARDS and BROOKS, 1958)。昆虫に病気を起こさず常に昆虫とともに存在する微生物は、昆虫にどのような影響を及ぼしているのであろうか。我が国稲作上の主要害虫であるヒメトビウンカを通して、昆虫と共生微生物 (symbiote, symbiont) との関係の一端を紹介したい。

I 種類と分布

一般に微生物がどこに存在するかによって共生現象は次のように分けられている。微生物が昆虫の体外に存在する場合を外部共生 (体外共生)、体内に存在する場合を内部共生 (体内共生) とし、後者の典型的な例は消化管内微生物である。内部共生のうち特に昆虫 (宿主, host) の組織の細胞内に存在している微生物を細胞内共生微生物 (intracellular symbiote) と呼んでいる。そして、細胞内共生微生物の存在している細胞をマイセトサイト (mycetocyte) と呼ぶ。マイセトサイトは昆虫の組織内に散在する場合と、集まってマイセトーム (mycetome) と呼ばれる組織を形成する場合とがある。

ヒメトビウンカの体内には、消化管内細菌 (第1図) のほかに、腹部脂肪体内に細菌様 (第2図) 及び酵母様共生微生物 (yeastlike symbiote) が見られる (第3, 4図)。細菌様微生物は体細胞内あるいは細胞間隙に、酵母



第1図 消化管内細菌
第2図 脂肪体内の細菌
第3図 細胞内酵母様共生微生物
第4図 ヒメトビウンカ腹部横断面内の酵母様共生微生物

様共生微生物は特殊な細胞（マイセトサイト）内とその細胞間隙に存在しており、その種などについては定かでない。ヒメトビウソカの酵母様共生微生物は主にその腹部脂肪体内のマイセトサイトに存在し、頭胸部には認められない。このマイセトサイトは脂肪体内に散在するが、中心部に多く見られ、脂肪体細胞とともに脂肪体を形成している。両者の細胞は形態的にはよく似ているが、脂肪滴、タンパク顆粒などにおいて差異が認められ、マイセトサイトは共生微生物の生育環境として適した体制となっているものと予想される (NODA, 1977)。一般に細胞内共生微生物は膜 (membrane envelope) により囲まれて細胞内に存在しており、ヒメトビウソカの共生微生物も例外ではない。この膜は微生物が細胞内へ侵入するとき、昆虫細胞の細胞膜が取り囲んでできるものと考えられ、細胞内とはいっても細胞質と微生物とはじかに接している訳ではない。しかし、この膜を介して種々の物質の交換が行われているものと考えられている。

酵母様共生微生物は厚い細胞壁を有し、核を持ち、ヒメトビウソカの体内で出芽によって増殖している。この酵母様共生微生物はヒメトビウソカの発育に伴い、数が増える (第5図)。幼虫期にはウソカの体重が増えるに従って数が増加する傾向にあるが、成虫になると雌では急激な数の減少が見られる。これは羽化後の精巣や筋肉の発達などの生理的变化によるものと思われる。一方、雌においては産卵期前期ごろまで増加を続ける。このような雌では腹部脂肪体は減少して、そのほとんどがマイセトサイトとなり酵母様共生微生物によってその大部分を占められ、一般の脂肪体細胞はこの増加したマイセトサイトを包むようにして存在する。雌においてはこの時期に血リンパ中に遊離した共生微生物が卵巣内の卵に入り次世代へ伝わる (後述)。雌が産卵活動をするこの時期に微生物数が非常に多いということは昆虫にとって重要

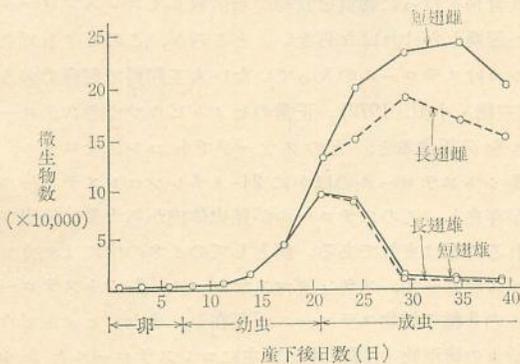
な意義を持つ。酵母様共生微生物は宿主であるヒメトビウソカの生理になんらかの重要な貢献をしているものと推測される (NODA, 1974)。

このように酵母様共生微生物はヒメトビウソカの体内で均衡のとれた状態で増殖を続ける。なぜ増え過ぎもしなければ少な過ぎもしないのであろうか。また、なぜ他の組織ではなく、脂肪体内の特定の細胞でのみ増殖するのであろうか。ヒメトビウソカとその酵母様共生微生物との間には、ヒメトビウソカが進化の過程で獲得したある安定した相互関係があると言えそうである。

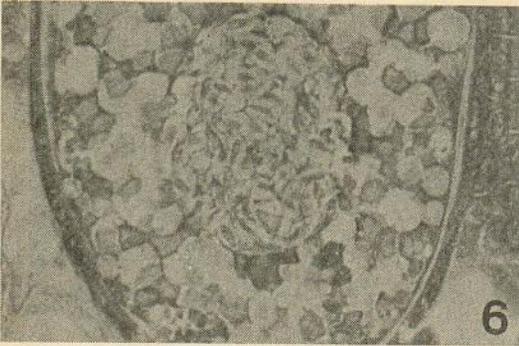
II 伝搬方法

一般に昆虫の細胞内共生微生物はある特定の種がそれぞれの昆虫の種に特異的に共生する微生物であり、共生微生物を有している昆虫はなんらかの手段で子孫代々にその微生物を伝えて行く必要がある。また、微生物の側からみれば、その生育場所が特定の組織内に限られており、このままでは宿主の死は共生微生物の死を意味する。しかし、酵母様共生微生物は経卵伝搬という方法により、1度もウソカの体外へ出ることなく子孫へ伝わって行く。

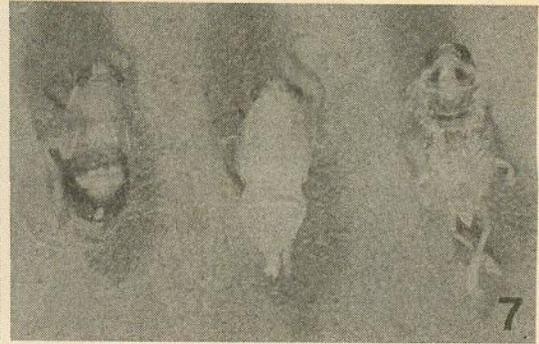
成熟した雌成虫の卵巣を観察すると、卵巣小管の一番下の部分で、輸卵管に通じている柄部との境にあるマイセトサイトに酵母様共生微生物がみられる。これは脂肪体内のマイセトサイトから血リンパ中に遊離した共生微生物が卵巣小管の柄部との境にあるこのマイセトサイトに取り込まれたためである。この卵巣小管のマイセトサイトはこのように血リンパ中の微生物を特異的に取り込む性質があり、更にこの取り込んだ微生物を、卵巣小管内の卵母細胞の一端へ送り込む機能も持っている。このように共生微生物は、ここから卵巣小管内のまだ成熟しきっていない一番下の卵 (terminal oocyte) へ下方から卵黄膜を押し上げた状態で侵入する。卵が成熟し、卵殻が形成されるころには、卵の後極に特別な組織 (symbiote ball または mycetome) が形成され、その中に存在している (第6図)。成熟した卵が輸卵管のほうへ送られると、まだ未成熟の次の卵が柄部と接するようになり、この卵も微生物を受け取る。このように卵が卵巣内で成熟して行く過程で共生微生物が入り込み、すべての子孫に伝わる。卵内に封じ込められた共生微生物は胚子発育の過程で腹部脂肪体に感染して行き (奈須・末永, 1958)、孵化幼虫の脂肪体内には既に増殖を始めた共生微生物が存在している。このように一連の伝搬過程が確立されており、雌成虫体内の一部の微生物が次世代へ伝わる。



第5図 ヒメトビウソカ1世代を通じた酵母様共生微生物数の変動



第6図 卵内に入った酵母様共生微生物



第7図 高温処理によるヒメトビウカの異常脱皮

III 共生微生物の役割

昆虫と共生微生物との相互関係はどのようになっているのであろうか。微生物にとってみれば、昆虫の組織・細胞から摂取した栄養で生活することができるが、しかし、昆虫の発育と無関係でいることはできず、昆虫からの調節下で生活している。昆虫においても、体内で他生物が生活していることのマイナス面がある。しかし、今まで述べてきたように、両者の間には高度に適応した関係があり、昆虫にとっては共生微生物の存在は発育上必要不可欠のものと考えられるようになってきている。

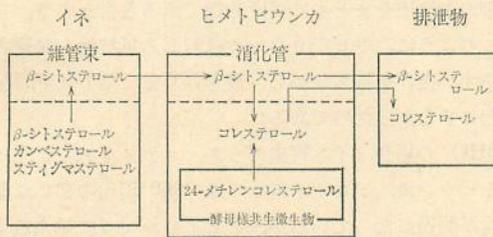
細胞内共生微生物の役割を明らかにして行くには、昆虫と微生物を切り離す必要がある。すなわち、一般には次に述べる実験系の片方または両方が必要である。共生微生物を昆虫体外へ取り出し培養すること、昆虫体内の微生物を除去 (elimination) し共生微生物のいない昆虫 (aposymbiotic insect) を作り出すことである。細胞内共生微生物の培養は一般に困難であるが、培養できれば病原菌との比較や共生微生物自体が生産する物質の利用などにまで発展する可能性がある。ヒメトビウカに関しては、MITSUHASHI (1975) が symbiote ball を用いて培養を試みている。また、久住・諏訪・喜多・奈須 (1979, 投稿中) はこのヒメトビウカの酵母様共生微生物の分離・培養に成功している。一方、微生物を除去するには抗生物質などの薬剤投与、免疫学的手法、X線照射などの方法があるが、それぞれ昆虫のどのステージに処理するかが問題である。このほかに高温で共生微生物を殺すという方法があり、ヒメトビウカの酵母様共生微生物も高温により崩壊させることができる。

高温 (35°C) でヒメトビウカを飼育すると成虫にならず、死亡個体も多い。また、そのような個体の体内には酵母様共生微生物はほとんどみられない。しかし、このような条件で飼育したのではウカ自体にも高温の悪

影響がでる可能性があるため、孵化後3日間だけ 35°C で高温処理し、以後を 25°C で飼育してみると、多くの酵母様共生微生物が崩壊し、5令期で正常虫 (25°C 飼育) と比較すると 1/20 に数が減っている (NODA and Sarro, 1979)。脂肪体内の細菌様微生物についてはこのような顕著な異常は見られない。この高温処理したヒメトビウカは体色が淡く黄色がかったり、成虫にならず5令でとどまっている個体が見られ、脱皮途中で死亡する個体も見られる。このような現象は特に羽化脱皮時に多い (第7図)。また、羽化してもこのような成虫は産卵数が著しく少ない。孵化直後に高温で処理した影響が老令幼虫・成虫になって、脱皮異常、産卵数低下といった現象となって現れており、これは酵母様共生微生物の崩壊によってもたらされたと考えられる。これらのことから、酵母様共生微生物がヒメトビウカの正常な発育にとって必要な物質を供給している可能性が示唆される。

次に、この高温処理ヒメトビウカを使って、酵母様共生微生物のステロール代謝への関与をみてみよう。昆虫はステロールを合成できないとされており、ステロール骨格を持った物質を食物から摂取してコレステロールへ転換しなければならない。ところが、このヒメトビウカはステロールの入っていない人工飼料で飼育できる (三橋・小山, 1972)。正常のヒメトビウカのステロールを分析すると、どのステージでもコレステロール、 β -シトステロールのほかに 24-メチレンコレステロールが存在し、このステロールが昆虫体内から大量に検出されることはまれである。餌としてのイネの中には、カンベステロール、スティグマステロール、 β -シトステロールの3種の植物ステロールが存在し、また、ヒメトビウカの排泄物 (甘露) 中には主にコレステロールと β -シトステロールが認められる。よって、昆虫体内の β -シトステロールはイネの中の3種のステロールのうち主と

して β -シトステロールが摂取された結果と考えられ、コレステロールはウシカ自身が他のステロールから転換して作り出したものと思われる。残りの24-メチレンコレステロールについては、その由来が定かでない。そこで、高温処理して酵母様共生微生物を崩壊させたヒメトビウシカを分析してみると、この24-メチレンコレステロールが非常に少なく、コレステロール濃度も低くなっている(NODA et al., 1979)。この24-メチレンコレステロールはトビウシカ、セジロウシカからも検出されるが、ツマグロヨコバイからは検出されない。ウシカ類3種には酵母様共生微生物が存在する(奈須, 1963)、ツマグロヨコバイには他の共生微生物が存在する(NASU, 1965; MITSUHASHI and KONO, 1975)。これらのことから、24-メチレンコレステロールは酵母様共生微生物によって作られていることが結論付けられる。ヒメトビウシカはイネからもステロールを得ることができるが、酵母様共生微生物によるステロール供給は発育上重要であると考えられる(第8図)。



第8図 ヒメトビウシカにおけるステロールの流れ

ヒメトビウシカのようにイネの維管束内を転流している養分を主に摂取している昆虫において、欠乏しやすい栄養を共生微生物が供給しているとすれば、まさにヒメトビウシカと酵母様共生微生物は表裏一体となった生活をしていると言える。

おわりに

細胞内共生微生物は昆虫の発育・生理などのほとんどの部分でなんらかのかかわりを持っていることが予想される。ウイルス媒介に関しては、イネ萎縮病ウイルスが

ツマグロヨコバイの共生微生物とともに経卵伝染することが示されており(NASU, 1965)、同様に経卵伝染するイネ縞葉枯病ウイルスについてもヒメトビウシカの共生微生物との関連性が推察される。また、同じく昆虫が媒介する植物寄生性マイコプラズマ様微生物などとの関連性も興味のある点である。昆虫の細胞内生活に適応してしまった共生微生物と昆虫との関係を通して、昆虫が媒介する病原微生物を新たな視点から捕らえることができるかもしれない。

害虫防除の観点からは、共生微生物を殺すことにより昆虫を防除しようという考えがでてくる。ヒメトビウシカの場合、酵母様共生微生物を除去することにより発育不良、脱皮異常、産卵数低下などを引き起こすことができる。これは共生微生物自体を殺さなくとも、昆虫と微生物との相互依存関係の一端を抑えればよいわけである。対象害虫以外の生物を防除に利用する場合、寄生・捕食性天敵、病原性微生物などが挙げられるが、共生微生物が利用されるとすればそれらとは全く発想を異にしたものである。今後新たな防除体系の中に共生微生物が関与した防除法が組み入れられていくことが期待される。

最後に、本研究を通じて御援助・御助言を下された多くの方々へ深く感謝いたします。

引用文献

- MITSUHASHI, J. (1975) : *Appl. Ent. Zool.* 10 : 243~245.
 ——— and Y. KONO (1975) : *ibid.* 10 : 1~9.
 三橋 淳・小山健二 (1972) : *応動昆* 16 : 8~17.
 奈須壮兆 (1963) : *九州農試彙報* 8 : 153~349.
 NASU, S. (1965) : *Jap. J. appl. Ent. Zool.* 9 : 225~237.
 奈須壮兆・末永 一 (1958) : *九州農試彙報* 5 : 71~84.
 NODA, H. (1974) : *Appl. Ent. Zool.* 9 : 275~277.
 ——— (1977) : *ibid.* 12 : 134~141.
 ——— and T. SAITO (1979) : *ibid.* 14 : 64~75.
 ——— et al. (1979) : *J. Insect Physiol.* in press.
 RICHARDS, A. G. and M. A. BROOKS (1958) : *Ann. Rev. Entomol.* 3 : 37~56.

トビイロウンカの薬剤抵抗性

農林水産省九州農業試験場 ^{なが}永 ^た田 ^{とおる}徹

有機合成殺虫剤の導入は、我が国におけるトビイロウンカの防除にも画期的な進歩をもたらした。しかし、西日本では平常発生年でも、少しの防除の手抜きからかなりの被害を生じることが常識となっている。これは、トビイロウンカが現在の栽培体系下では常に相当な潜在的加害力を持っていることを示すものと言えよう。

このように、現在イネの最大級の害虫となったトビイロウンカの防除を専ら殺虫剤に依存している以上、抵抗性発達による防除効果の低下に大きな関心が寄せられるのも当然であろう。

我が国のイネ害虫では、ツマグロヨコバイのように短期間に著しい殺虫剤抵抗性を発達させた例があるのに対し、トビイロウンカでは抵抗性のために代替薬剤を求めて苦慮するような事態は、いままでのところ生じていない。とはいえ、トビイロウンカが抵抗性と全く無縁であったというわけではない。必ずしも検定データに基づくわけではないが、マラソンやダイアジノンの効力が昔より悪くなっていることは一般に指摘されており、これらが防除基準農業からはずされてきた事実もある。また、1966年の大発生時には、BHC剤などの効力不足が各地で問題となったこともある。

殺虫剤による防除効果とは別に、トビイロウンカの発生経過については、セジロウンカとともに、主としてその越冬生態に不明の部分が残っていたため、長く論議が続けられてきた。したがって、抵抗性問題を扱う場合にも、この生態上の問題点の解釈によってさまざまな見解が生じるという特殊事情があり、必ずしも解釈が一致していない現状である。

九州農業試験場においては、1967年よりトビイロウンカの抵抗性に関する試験を続けてきた。そして、1978年の日本応用動物昆虫学会のシンポジウムにおいて、これまでの結果を要約して発表した¹⁾。ここではその講演内容を骨子として述べてみたい。

I トビイロウンカの BHC 抵抗性

イネウンカ類の抵抗性に関しては、これまで主にヒメトビウンカに目が向けられてきた。そして、トビイロウンカとセジロウンカについては、安価な BHC が十分効いていた安心感のせいか、併殺の対象程度に考えられていた期間が長かった。

しかしながら、抵抗性問題に関してトビイロウンカがヒメトビウンカに比べて特に安全圏に位置していたわけではない。すなわち、1967年に行ったイネウンカ類3種類の薬剤感受性比較では、各種殺虫剤のトビイロウンカに対する LD_{50} は必ずしも小さいとは言えず、むしろ有機リン剤についてみると、トビイロウンカの感受性が3種ウンカの中で最も低い結果を示した¹⁾。言い換えれば、多少の感受性低下が加われば、最も効力低下の現れやすい素因を備えていたと考えられる。

更に、イネ害虫のなかでもトビイロウンカの食性は特にイネに偏っているため、水田以外では生息できないとみられる。したがって、水田以外に住む時期もあるヒメトビウンカなどに比べれば、明らかに水田に施用された薬剤の淘汰圧をまともに受ける種であると言えよう。

このように、トビイロウンカはむしろ抵抗性を発達させやすい条件を持ちながら、最も遅くまで効力低下問題を起こさなかったのである。

BHC の場合、イネ害虫のうち、ニカメイチュウ、ヒメトビウンカ、ドロオイムシでは 1960 年代の初めに抵抗性が問題になっているが、トビイロウンカに対する薬剤に影がさし始めたのはこれより遅く、1966 年の歴史的な異常発生以後である。言い換えれば、それまでの約 20 年間は BHC 剤が 1 シーズンに 3~4 回以上も施用されながら、なんら効力上のトラブルを起こさずに過ぎたわけである。この大発生年には、被害は東北地方にまで及んだため、緊急防除体制がとられ、一つには農薬の品不足などの混乱が生じたせいもあるが、中国、四国地域などで BHC 剤の効力不足が頻発した。

広島県における 1967 年の調査では、県内 8 地点の採集虫についての幼苗浸根法による γ -BHC 感受性検定で、 LC_{50} 値の最高と最低の間で約 9 倍の差が認められた²⁾。 LC_{50} が特に大きかった 2 地点では、検定前の世代に BHC 剤が 1~3 回散布されていることから、「高頻度に含まれた BHC 抵抗性個体が短期間における BHC の連続使用で容易に選抜されたのではないか」と木村らは考察している。しかし、このような現象が BHC 抵抗性発達に結び付くか否かについては、生態的側面から疑問があると慎重な判断をしていた。

九州でも同じ年に、佐賀県の唐津近辺で BHC 3% 粉剤の効力不足問題が生じ、検定の結果、唐津採集虫に対

する γ -BHC の LD_{50} は $0.13 \mu\text{g}/\text{雌}$ と、対照とした筑後採集虫の約 2 倍の値を示した¹⁰⁾。 γ -BHC の LD_{50} はカーバメート系殺虫剤に比べてもともと大きかったので、少しの倍率の増加でも薬量不足や「かけむら」が加われば、効力低下として現れるのではないかと考えられた。ところが、翌 1968 年 9 月には同じ町の水田から前年の約 1/7 の LD_{50} を示す虫が採集された。この BHC 感受性の復元現象については、トビイロウンカの特異な発生生態が感受性変動に反映した結果ではないかという疑念を抱いた。

野外採集虫について薬剤感受性の変動を追跡する一方、BHC の淘汰による抵抗性発達状況を調べるため、室内淘汰試験を行った。すなわち、約 500 頭からスタートし、局所用法で連続 5 世代淘汰を繰り返したところ、 LD_{50} は淘汰前の約 7 倍に増大し、 $0.43 \mu\text{g}/\text{雌}$ という非常に BHC に強い系統が得られた。したがって、トビイロウンカは BHC 淘汰によってかなり急速に抵抗性を発達させることも分かってきた¹⁰⁾。

ちょうど同じころ、ウンカ類の生態については、1967 年の気象観測船「おじか」による南方定点でのウンカ群の発見を契機として飛躍的に研究が展開し、長い間の越冬・飛来両説の手詰まりの状態から一気に飛来説の信ぴょう性が高まってきた。

これらを併せ考えると、「BHC 散布による急速な BHC 抵抗性個体群の形成」と「海外から飛来した感受性個体群による BHC 感受性の復元」という二つの過程が関係している可能性が強く浮かび上がった。

この仮説を実証するため、翌 1969 年から佐賀県で BHC 感受性の世代間追跡調査を行った¹¹⁾。6 月下旬の異常飛来によって、1 夜に 13,000 頭のウンカが誘殺された伊万里市の予察燈設置田付近の同一水田において、飛来世代をはじめとして各世代ごとにトビイロウンカを採集し、室内増殖した F_3 以内の成虫を検定したところ、予想どおりの結果が得られた。すなわち、飛来虫は $0.02 \mu\text{g}/\text{雌}$ と高い感受性を示したが、BHC 製剤が 4 回使われたこの水田から秋に採集した第 4、5 回成虫の LD_{50} は、飛来世代のそれぞれ 14 及び 19 倍に増大していた。また、それぞれの秋世代虫はディルドリンに対しても BHC 以上、MEP にも 6~7 倍の交差抵抗性を示したが、NAC、DDT に対する感受性の低下は全く見られなかった。

同じ水田における翌年の調査では、前年ほどの飛来は見られなかったが、飛来世代の LD_{50} はほぼ前年の飛来虫のレベルに戻った。そして第 5 回成虫では再び著しい感受性低下が生じた。ただ、この 2 年目の調査を行った

1970 年には、BHC 剤の使用がこの地区では中止されているので、この感受性変化は BHC 剤の直接の影響とは言えないが、無散布田では全く世代間変動が見られなかったことを考慮すれば、やはりなんらかの薬剤施用の結果と考えられた。

これと関連した現象は、台湾のトビイロウンカでも報告されている⁷⁾。すなわち、Ku らは稲苗浸漬法で 1975 年に 7 種の薬剤に対する感受性を検定したが、翌年にはこのうち 6 種で LC_{50} の減少が見られ、特にエチルパラチオンでは 1/8 になったとしている。

このような薬剤感受性の季節的変動の例は、ハダニ⁸⁾ やドロオイムシ⁹⁾ などでも認められているが、変動幅や変動方向の点でこの例とは様相が異なるものである。

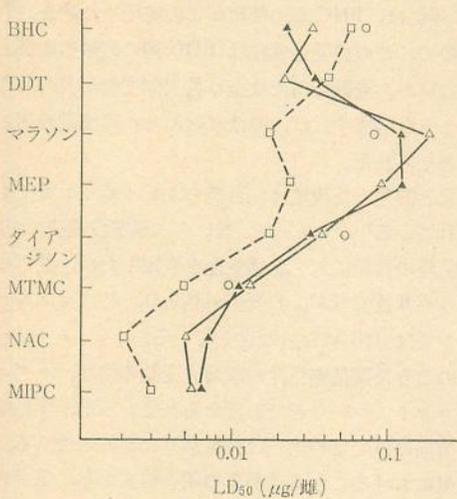
九州におけるこれら 3 か年の調査結果から、筆者らは次のような結論を得た。すなわち、トビイロウンカは飛来後、水田で増殖する過程で、主として BHC 剤による淘汰によって急速に BHC 抵抗性を発達させるが、冬季に至って死滅し、翌年再び海外の発生源から飛来した感受性の高い集団によって、我が国のトビイロウンカは更新され、感受性の復元が繰り返される結果、「のこぎり歯状」の変動を示したということである。

前にも述べたように、BHC は元来ウンカ用殺虫剤の中では殺虫力の弱い部類に入る。すなわち、1967 年の時点では、カーバメート系殺虫剤の LD_{50} は $2 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下、有機リン剤でも $10 \mu\text{g}/\text{g}$ 以下であるのに対し、 γ -BHC は $20\sim 30 \mu\text{g}/\text{g}$ であった¹⁾。しかも淘汰試験で見られたように、急速に抵抗性が発達する性質を持ちながら、これが長期間実用性を維持することができたのは、このように感受性の高い虫が飛来によって補給され、感受性レベルを引き戻す機構があったからだと考えられる。

II 飛来虫の感受性の年次変動

前述の観点に立てば、飛来虫そのものにおける薬剤感受性の年次変動が重要となるので、最近の傾向に触れてみたい。

1975 年、筑後市での第 3 回成虫の検定では、マラソンと MEP で感受性低下の徴候が見られた。これを確認するために、翌年には長崎と鹿児島で採集した飛来世代について 8 種の薬剤に対する感受性を検定し、9 年前すなわち 1967 年の数値と比較した¹⁴⁾。その結果、両地点採集虫の間では感受性の地域差は見いだされなかったが、検定年次間ではマラソンと MEP の LD_{50} がそれぞれ 10 倍と 5 倍に増大し、カーバメート系薬剤 3 種の LD_{50} はいずれも 2~3 倍に増大していることが認められた。この試験では 2 倍程度の差は検定誤差の可能性もあるの



△：長崎 1976 年飛来世代，▲：鹿児島 1976 年飛来世代，○：福岡 1975 年第 3 回成虫，□…福岡 1967 年第 3 回成虫。

第 1 図 トビイロウンカ薬剤感受性の長期的変動 (1967～76)

で、カーバメート剤については判断が難しいが、有機リン剤での結果は、飛来虫の性質も長期的には明らかに変化していることを示している (第 1 図)。

ただ興味あることに、BHC、DDT の感受性がほとんど変化していない。ことに BHC は 1971 年に規制を受けるまでに原体約 28 万 t が消費され、大部分は水田で使用されたと思われる。例えば、パラチオンでも同期間に生産された原体が 1 万 t 程度であることを見れば、いかに大量が使用されたかが分かる。これが全く使用されなくなって 5 年を経た時点の調査であるから、越冬しているものであれば、ある程度の感受性復元が見られてもよさそうなものである。このようなこともトビイロウンカの感受性が我が国での農業使用とは無関係に変動していることを示唆しているのではなからうか。

III 感受性の地域差

トビイロウンカの薬剤感受性に地域差があるかどうかについては、その発生生態に関する見解の不一致を反映して、いろいろな考えがある。すなわち、①地域によって感受性の違うものが飛来する。②飛来虫の性質は同一だが、飛来後の条件の違いによって地域差が生じる。③越冬しているから地域差が生じる……などである。このうち、①については、飛来源や飛来コースに不明の点が多いことから難しい問題であるが、1969 年の飛来虫の調査¹⁴⁾によると、異常飛来後 4 日間に北部九州の 3 地点で採集した飛来虫に対する BHC、MEP、NAC の LD₅₀

値は、いずれも 3 地点間で 3 倍以内の差にすぎず、世代間差異に比べれば問題とならない差であった。また、翌年の九州 3 地点における飛来虫に対する BHC の LD₅₀ も前述の範囲内であった。したがって、変異の生じやすいと見られる BHC でも、1969～70 年の九州全域 5 地点の飛来虫の調査で、LD₅₀ の違いは 3 倍を越えなかったことになる。

また、1976 年の長崎・鹿児島両県における比較でも、飛来世代の感受性は 8 種の薬剤について 2 倍以上の地域差を示さなかった¹⁴⁾。鹿児島はウンカ類の局地的な越冬の可能性もある地域と指摘されており、他地域と異なる感受性を持つウンカの分布を予想したが、結果は否定的であった。

ウンカの飛来は相当広範な規模で同時に起きることが確かめられている⁸⁾。飛来源は一元的でないともみむきもあり、単一の飛来群で日本全体がカバーされるとまでは言えないが、県単位ほどの規模で異なった集団が舞い降りることもまず考えられない。これらの結果から、九州地域については薬剤感受性の地域差はないと筆者らは見ている。

次に考えられるのは、②の地域差、すなわち前述の BHC の場合のように飛来後に生じるものである。これについて最近の例をみると、1975 年の農事試験場の成績¹⁵⁾では、埼玉 (2 地点)、愛知、福岡の 4 地点で、最終世代の LD₅₀ の地域間差異はマラソン、BHC でも 4 倍程度、DDT、ダイアジノン、NAC、BPMG では 2 倍以内で、特に注目すべき差異とは認めていない。また、1976 年の長崎、鹿児島における前述の調査は、最終世代についても行っているが、やはり差異は 2 倍以内であった。

尾崎は、主に四国地域で 1967 年以来行ってきた残留面接触法などによる結果から、抵抗性の発達程度が年次または場所間による変動を伴いながら、全体的には抵抗性を発達させる方向をとっていると述べている¹⁶⁾。同様に、吉岡も愛媛県における 1975、1977 年の結果については、感受性の年次や場所による変動があるが、その変動には一定の傾向が認められなかったと報告している¹⁷⁾。したがって、いずれも年次変動と無関係に固定的な地域差は認めていないようである。

これに対し、三宅は 1976 年のマラソン、ダイアジノンに関する西日本 3 県の比較において、LD₅₀ にそれぞれ約 4 倍と 6 倍の差異を認めたとし、これらと各々の地域の過去の薬剤使用量との間に関連を認めている⁹⁾。これは明らかに、③の越冬を前提とした解釈であると理解される。

このように地域差に対する見解は、生態面の解釈と密

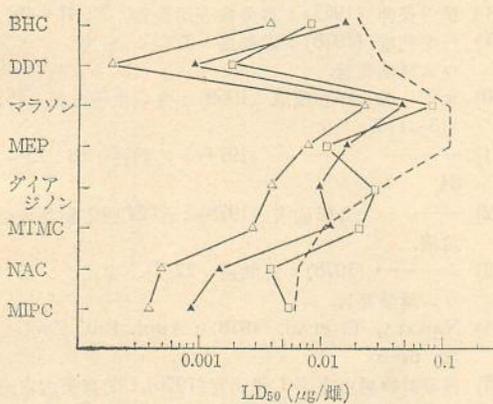
接に関連しているほか、論議する数値の差異自体がまだ小さいこともあってまちまちな状況である。

IV 東南アジアのトビイロウンカの感受性

トビイロウンカの飛来源としては、東シナ海での採集調査の結果などからも中国大陆の確率が高いが、飛来時の気象状況や他の昆虫の移動の例(迷蝶)などからは、フィリピンなど東南アジア地域からのルートも否定できないとされている⁶⁾。

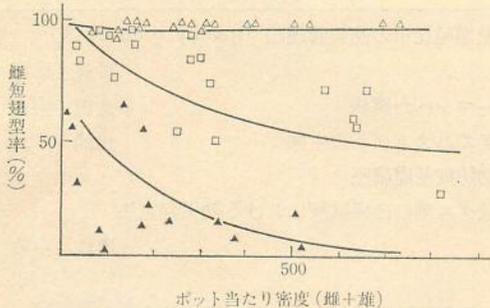
そこで、1977年には、タイ、フィリピン、台湾からトビイロウンカとセジロウンカを採集して、8種の薬剤に対する感受性を調査した¹²⁾。その結果、タイからのトビイロウンカが最も感受性が高く、とりわけ DDT の LD₅₀ は 1977 年の鹿児島採集虫の約 1/30 と著しく小さかった。

タイ産はタイ中部にあるナコンパトム県の RD-1 品種を広域に植えた地帯で、最近大発生が見られた水田から採集されたものであるが、飼育中に短翅型の出現率が



□：フィリピン短翅型，▲：タイ長翅型，△：タイ短翅型，……：日本長翅型(1976年鹿児島飛来世代)

第2図 東南アジア産トビイロウンカの殺虫剤感受性



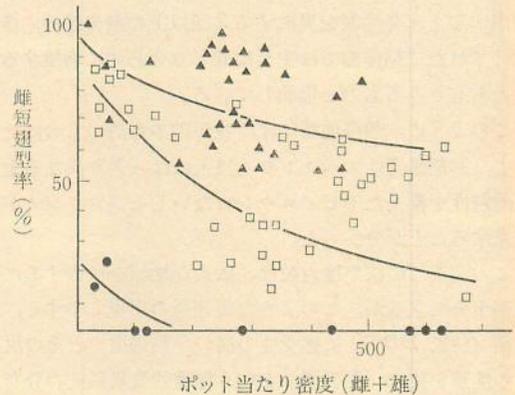
△：フィリピン，□：タイ，▲：日本

第3図 東南アジア産トビイロウンカの翅型率

意外に高いことが分かり、詳細な比較をした結果、日本のものとの間に翅型率で明らかな差異のあることが見いだされた(第2, 3図)。

フィリピン産は IIRI 所内の水田から採集されたが、飼育した場合、短翅型しか得られず、やむなく短翅型の LD₅₀ にタイ産で得られた両翅型間の関係を当てはめて、長翅型の LD₅₀ を推定したところ、日本のものとはほぼ同じかないしは若干感受性が低い結果が得られた。

また、タイ及びフィリピンで採集されたセジロウンカも DDT に対して特異的に高い感受性を示すほか、高い短翅型率を示すことが認められた(第4図)。



▲：フィリピン，□：タイ，●：日本

第4図 東南アジア産セジロウンカの翅型率

IIRI の水田は、トビイロウンカの周年発生地帯で殺虫剤が連続使用された場合の感受性レベルを知る意味で興味を持たれたが、検定した薬剤に関する限り、我が国での採集虫の LD₅₀ 値を大きく上回るような抵抗性個体群は形成されていないようである。

しかし、殺虫剤による淘汰の影響を解析するためには、薬剤が多用される以前のデータないしは薬剤を使用しない地帯との比較、更に、IIRI とその周辺の水田地帯との虫の「出入り」を考慮する必要がある。

抵抗性発達の予測には室内での淘汰実験も用いられるが、このような周年発生可能な環境における殺虫剤の使用量と感受性変化に関する資料も、我が国の今後のトビイロウンカ抵抗性発達を予測するうえで有益な情報となる。

IIRI では 1969 年に、それまで約 3 年間使用してきたダイアジノン剤のトビイロウンカに対する効果が低下し、200 km 北部の地点から採集した系統と比較して抵抗性を確認している⁹⁾。そして MIPC、次いでカーボフランに切り替えられて現在に至っているが、1977 年に

はカーボフラン抵抗性の発達が報じられた²⁾。すなわち、温室で30世代飼育している系統に比べて、カーボフラン粒剤を2kg/ha(有効成分量)の割合で3年以上施した水田から採集した虫のLD₅₀は7.5倍に増大していたとのことである。

台湾で同一時期に採集されたトビロウソウカの中に、採集地点によって薬剤感受性、翅型率とも日本のものに非常に類似した系統のほかに、DDTに高い感受性を示し、しかも明らかに短翅型の出現しやすい系統がそれぞれ認められた。比較的近距离(約50km)の採集地点間でこのように異質の系統が採れた原因はよく分からない。しかし、台湾の地理的位置、飛来時期及び作付け時期を考慮すると、発生源を異にする2回以上の飛来波が、作期のずれた二期作田では完全に混じり合わずに増殖することも有りうるものと推測している。

このように、熱帯地域には、我が国や台湾のものに比べて、薬剤感受性スペクトラム以上にはっきり異なる生態的特性を備えたトビロウソウカないしセジロウソウカが生息することが分かった。

この調査での採集地点数は、広大な地域を代表するには不十分であるが、このような短翅型の出現しやすく、薬剤(特にDDT)に感受性の高い「熱帯型」とその反対の性質を持つ「温帯型」という地理的変異系統の分布が普遍的であるならば、これら熱帯地域のトビロウソウカやセジロウソウカは我が国へ飛来するものとは異なると言えよう。

したがって、単純に考えれば、抵抗性問題についても温帯地域だけを飛来源とみなして、その状況に注意すればよいことになる。しかし、これらの広い地域でのウンカ類の移動と分散の実態についてはまだ不明の部分が多く、いましばらくは軽率な断言を差し控えたい。

このように、殺虫剤抵抗性という極めて応用的な分野に対しても、これらの移動性ウンカの場合は、生態面での基礎的研究の進展が問題解決の鍵となっている。今後

は中国大陸からの資料も豊富に得られるとみられ、移動の実態究明を中心として急速な展開が期待される。

おわりに、東南アジア地域のウンカ採集に快く御力下さった日本農業株式会社の三宅利雄氏、熱帯農業研究センターの日高輝展氏ならびに寒川一成氏に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 福田秀夫・永田 徹 (1969): 応動昆 13: 142~149.
- 2) HEINRICHS, E. A. et al. (1977): Insecticide evaluation 1977. IRRI, Philippines.
- 3) 井上 寿・奥山七郎 (1967): 北日本病虫研究会報 18: 94.
- 4) IRRI. (1969): Annual report for 1969. IRRI, Philippines: 241~246.
- 5) 木村義典ら (1973): 中国農業研究 47号, 特別報告: 100~151.
- 6) 岸本良一 (1975): ウンカ海を渡る. 中央公論社. 東京. 233p.
- 7) Ku, T. Y. et al. (1977): Taiwan Agriculture Quarterly 13: 9~18.
- 8) 松谷茂伸 (1967): 農業検査所報告 7: 41~45.
- 9) 三宅利雄 (1978): 応動昆 22(3), 自由シンポジウム講演要旨.
- 10) 永田 徹・守谷茂雄 (1969): 九病虫研究会報 15: 113~115.
- 11) ———— (1974): 応動昆 18: 73~84.
- 12) ————・升田武夫 (1978): 第22回応動昆大会講演.
- 13) ———— (1978): 応動昆 22(3), 自由シンポジウム講演要旨.
- 14) NAGATA, T. et al. (1978): Appl. Ent. Zool. (in press)
- 15) 農事試験場虫害第1研究室 (1976): 関東東山東海地域試験研究打合せ会議資料.
- 16) 尾崎幸三郎 (1978): 応動昆 22(3), 自由シンポジウム講演要旨.
- 17) 吉岡幸治郎ら (1978): 四国植防 13: 1~4.

次号予告

次6月号は下記原稿を掲載する予定です。

カキを害する新しいスリップス「カキクダアザミ
ウマ *Liothrips* sp.」 逸見 尚
レタスビッグベイン病の発生生態と防除
家村浩海・中野昭信
イネ斑点病とその病原菌 児玉不二雄・土屋貞夫
新害虫チュウリップサビダニ 江原昭三ら4名
菌核病菌 *Sclerotinia sclerotiorum* (LIB.) DE BARY
の菌核成熟と発芽 齊藤 泉

大量増殖昆虫の品質管理法 (quality control)

仲盛 広明
ピーマンへた腐病 倉田 宗良
コアオハナムグリの生態 松浦 誠
植物防疫基礎講座
殺ダニ剤のほ場試験における効果判定法
奥代 重敬

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ
頒価改訂 1部 400円 送料 29円

人 事 消 息

関口洋一氏（在ブラジル日本国大使館一等書記官）は農蚕園芸局植物防疫課課長補佐（農業航空班担当）に
 坪井福俊氏（中国四国農政局生産流通部農産普及課植物防疫係長）は同上課農薬第1班安全指導係長に
 武倉修夫氏（名古屋植物防疫所本所庶務課課長補佐）は農薬検査所総務課課長補佐に
 松本安生氏（農蚕園芸局植物防疫課課長補佐（農業航空班担当））は横浜植物防疫所本所業務部国際第2課長に
 黒木邦久氏（門司植物防疫所本所庶務課課長補佐）は名古屋植物防疫所本所庶務課課長補佐に
 久富勝信氏（同上課経理係長）は門司植物防疫所本所庶務課庶務係長に
 西本正子氏（同上所国際課輸入第1係長）は同上課経理係長に
 谷崎良一氏（同上所庶務課庶務係長）は退職
 友利保雄氏（那覇植物防疫事務所那覇空港出張所）は那覇植物防疫事務所国際課輸入第1係長に
 杉本民雄氏（横浜植物防疫所本所業務部害虫課）は同上所国内課調査係長に
 松浦信明氏（名古屋植物防疫所本所国際課輸入第2係長）は同上所那覇空港出張所防疫管理官に
 伊良波幸仁氏（門司植物防疫所本所国際課防疫管理官）は同上所嘉手納出張所長に
 山城正道氏（那覇植物防疫事務所嘉手納出張所長）は退職
 千々岩 栞氏（農薬検査所総務課課長補佐）は農蚕園芸局総務課管理官に
 溝渕崇生氏（神戸植物防疫所本所国際第1課）は中国四国農政局生産流通部農産普及課植物防疫係長に
 後藤孝雄氏（九州農試環境第1部病害第1研究室主任研究官）は東北農業試験場栽培第1部病害第2研究室主任研究官に
 内藤秀樹氏（東北農試栽培第1部病害第2研究室主任研究官）は九州農業試験場環境第1部病害第1研究室主任研究官に
 熊谷徹郎氏（宮城県園試場長）は宮城県農業センター副所長に
 相原四郎氏（同上県農政部農業普及課技術副参事）は同上園芸試験場長に
 倉田諒二氏（栃木県塩谷農政事務所長）は栃木県農務部蚕糸農産課長に
 塚本博利氏（同上県農務部蚕糸農産課長）は退職
 五味美知男氏（群馬県農試次長）は群馬県農業試験場長に
 山賀一郎氏（同上試場長）は退職
 井上四郎氏（埼玉県園試次長）は埼玉県園芸試験場長に
 清水靖彦氏（同上試場長）は退職
 深津量栄氏（千葉県農業短期大校長）は退職
 五十川是治氏（愛知県知多病害虫防除所）は愛知県農業総合試験場作物研究所防疫研究室へ
 庄山孝義氏（三重県農技センター茶業センター製造研究室長）は三重県農業技術センター茶業センター場長に
 横山俊祐氏（同上センター場長）は退職
 岩崎誠一氏（滋賀県長浜県事務所長）は滋賀県農業試験

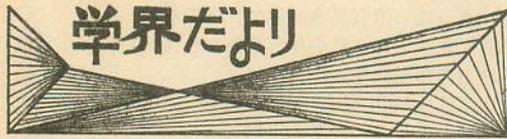
場長に
 園 孝一氏（滋賀県農試場長）は退職
 稲島幸雄氏（鳥取県農林部農業改良課長）は鳥取県倉吉地方農林振興局長に
 稲田卓郎氏（同上県米子地方農林振興局農業構造改善員）は同上県農林部農業改良課長に
 浜田 靖氏（同上県農試場長）は同上県米子地方農林振興局長に
 西尾隆雄氏（同上県農林部農業改良課専門技術員室長）は同上県農業試験場長に
 清水寿美氏（同上課専門技術員）は同上県農林部農業改良課専門技術員室長に
 近藤 雅氏（山口県農林部農産園芸課長）は山口県農林部参事に
 南 佳則氏（同上県議会議事事務局秘書室長）は同上部農産園芸課長に
 米嶋義一氏（同上県農試環境部病害虫研究室専門研究員）は同上県農業試験場徳佐寒冷地分場主任に
 新田文夫氏（徳島県農林水産部農業改良課長）は徳島県農業大学校副校長に
 井澤忠蔵氏（同上部農林企画課主幹）は同上県農林水産部農業改良課長に
 山本 勉氏（同上県農試次長・病虫害科長）は同上県農業試験場長に
 野口義弘氏（同上科専門研究員）は同上場病虫害科長に
 矢野 明氏（同上県農試場長）は退職
 武智文彦氏（愛媛県立果樹試病害虫担当）は愛媛県農業試験場病害虫担当へ
 斉藤 正氏（高知県農林技術研究所病理研究室長）は高知県農林技術研究所長に
 西内美竹氏（同上県農林部農業技術課専門技術員）は同上所病理研究室長に
 尾崎 亨氏（同上県農林技術研究所長）は退職
 大谷快夫氏（日本専売公社本社企画開発本部）は退職
 琉球大学農学部は沖縄県中頭郡西原町字千原道田59〔郵便番号 903-01〕へ移転。電話は 09894-5-4131・4206 と変更
 埼玉県植物防疫協会の電話は 0488-29-3345 と市内局番が変更
 長野県植物防疫協会は長野市大字南長野野市下 692 の2 県庁東庁舎内〔郵便番号 380〕へ移転。電話は 0262-32-8322 と変更

大塚清次氏（農蚕園芸局植物防疫課課長補佐（農薬第2班担当））は5月23日急逝されました。御冥福をお祈りします。

訂正とお詫び

前号4月号5ページ人事消息欄右段に掲載の農業技術研究所病理昆虫部病理科糸状菌病第2研究室長になられた山田昌雄氏の前職名は農事試験場環境部病害第1研究室長です。訂正するとともにお詫びいたします。

（編集部）



○日本農薬学会第4回大会開催さる

3月28~30日の3日間、京都市左京区の京都府会館において開催された。

3月28日

午前—一般講演

午後—総会、学会賞授賞式、受賞者講演

3月29日

午前—一般講演、受賞者講演

午後—シンポジウム：除草剤をめぐる諸問題、一般講演

3月30日

午前—一般講演、受賞者講演

午後—シンポジウム：“農薬学界”のとりあげるべき諸問題をめぐるシンポジウム その1 薬剤抵抗性をめぐって、一般講演

今回の学会賞受賞者及び受賞論文は下記のとおり。

業績賞 (研究)

藤田稔夫氏 (京都大学農学部)

構造活性相関による農薬の作用機構に関する研究

後藤真康氏 (残留農薬研究所)

農薬の分光学的分析法に関する研究

業績賞 (技術)

細辻豊二氏 (理化学研究所)

農薬の効力試験及び粒剤施用に関する技術開発奨励賞

藤井保男氏 (日本化薬株式会社)

除草剤メトキシフェノンの作用機構に関する研究

高橋洋治氏・興村伸夫氏 (三菱化成工業株式会社)

抵抗性ツマグロヨコバイに対するN-プロピルカーバメート類の作用機構に関する研究

なお、大会プログラムによる一般講演題数は、120題である。昨年は107題。

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

日本植物病理学会・日本応用動物昆虫学会・日本農薬学会の3学会編の標記雑誌「Review of Plant Protection Research」の最新号 Vol. 11 (1978) が刊行された。同号はB5判、142ページで1部2,000円 (送料とも)。なお、Vol. 1~10のバックナンバーも全部在庫あり、各号とも1部2,000円。

申し込みは下記へ

アカデミア洋書株式会社

(東京都文京区本郷2の39の6、郵便番号113)

【教官公募のお知らせ】

名古屋大学では、農学部農学科害虫学講座の助手を公募しております。応募または推せん希望の方は下記に直接お問い合わせ下さい。提出書類の締切は昭和54年6月30日(土)です。

郵便番号 464

名古屋市千種区不老町

名古屋大学農学部

害虫学助教選考委員会

本会発行新刊資料

農薬安全使用基準のしおり

昭和54年版

A5判 42ページ 300円 送料120円

農薬残留に関する安全使用基準、農薬の残留基準及び登録保留基準、作物残留性農薬及び土壌残留性農薬の使用基準、水産動物の被害の防止に関する安全使用基準、特定毒物農薬の使用基準、参考資料(農薬安全使用に関する法令及び対策関係図、農薬の登録及び安全評価のしくみ)を1冊にまとめた書

植物防疫

第33巻 昭和54年5月25日印刷
第5号 昭和54年5月30日発行

実費450円 送料29円 1か年5,000円 (送料共概算)

昭和54年

5月号

(毎月1回30日発行)

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 速藤武雄

印刷所 株式会社 双文社印刷所
東京都板橋区熊野町13-11

—発行所—

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京(03)944-1561~4番

振替 東京1-177867番

== 禁 転 載 ==

新発売!

増収を約束する

日曹の農薬

98% マシン油乳剤

ラピサンスプレー

- カイガラムシ類、ハダニ類の防除に、冬はもちろん夏も使えます。
- 高度精製マシン油乳剤で植物への薬害の心配が少なく展着剤としても有効です。



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1 〒100
支店 大阪市東区北浜2-90 〒541
営業所 札幌・仙台・信越・高岡・名古屋・福岡

本会発行図書

チリカブリダニによるハダニ類の生物的防除

森 樊須・真梶徳純 編

2,000 円 送料 120 円 B5判 89 ページ

内容目次

I 総説・基礎的研究

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

II 農生態系における放飼事例

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

III 総括 (森 樊須・真梶徳純)

和文及び英文摘要

お申込みは前金 (現金・振替・小為替) で本会へ

育苗箱で いもち退治

小さな育苗箱にまくだけで
本田の葉いもちが防げます。

- 粒剤ですので、手で簡単に散布できます。●すぐれた効果が長期間(約50日)持続します。
- イネや他の作物に葉害を起こす心配がありません。●粉剤2~3回分に相当する効果を発揮します。
- 散布適期幅が広く、散布にゆとりがあります。●人畜、魚介類に高い安全性があります。

フジワン[®]粒剤

使用薬量：育苗箱当り50~75gを均一に散布

使用時期：緑化期から硬化初期が最適

適用地域：田植後6週間以内に葉いもち防除を必要とする地域

予防と治療のダブル効果

フジワン[®]乳剤 粉剤

- 他作物への葉害の心配がありません。



フジワンのシンボルマークです。®は日本農業の登録商標です。



日本農薬株式会社

〒103 東京都中央区日本橋1-2-5栄太楼ビル

資料請求券

フジワン

植物防疫

北條良夫・星川清親 共編

作物—その形態と機能—

上 巻

A 5 判 上製箱入 定価 3,200円 千 200円

—主 内 容—

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

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

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

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

下 巻

A 5 判 上製箱入 定価 2,700円 千 200円

—主 内 容—

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

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

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

〈お申込みは最寄りの書店、または直接本会へ〉

東京都北区西ヶ原 1 丁目 26 番 3 号 農 業 技 術 協 会 振替 東京 8 - 176531 千114 TEL (910) 3787



は信頼のマーク



予防に優る防除なし
果樹・そ菜病害防除の基幹薬剤

キノドール® 水和剤 40

殺虫・殺ダニ 1 剤で数種の剤の効力を併せ持つ

トーラック 乳 剤

宿根草の省力防除に
好評！粒状除草剤

カソロン 粒 剤 6.7

人畜・作物・天敵・魚に安全
理想のダニ剤

デデオ 乳 剤 水和剤

兼商株式会社

東京都千代田区丸の内 2 - 4 - 1

ゆたかな実り＝明治の農薬

サッとひとまき

強い力がなが～くつづく

いもち病に！オリゼメート粒剤

野菜・かんきつ・ももの細菌性病害防除に **アグレプト** 水和剤・液剤

イネしらはがれ病防除に **フェナジン** 水和剤・粉剤

デラウェアの種なしと熟期促進に **ジベレリン** 明治
野菜の成長促進・早出しに



明治製薬株式会社
東京都中央区京橋 2-4-16

昭和五十四年五月二十九日 印刷
昭和五十四年五月三十日 発行
昭和二十四年九月九日 第三十三卷第五号
（毎月一回三十日発行）
植物防疫 第三十三卷第五号
郵便 第三十三卷第五号
認 可

実費 四五〇円 (送料 二九円)

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

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

ドリン剤に替る土壌殺虫剤

●ネキリ、タネバエ、コオロギ、ケラ、ダンゴムシに

カルホス[®]乳粉剤

- おなじみのカルホス乳剤が葉菜、芝、タバコ等の諸害虫に適用が拡大されました。接触効果と食毒効果の二つの働きで、確かな効きめのカルホスの一層のご愛顧をお願いします。
- カルホスは適度の活性持続効果(残効性)があり、その後の消失はすみやかです。
- カルホス粉剤はネキリムシ、タネバエなど土壌害虫に卓効があり、作物への吸収移行のない理想的な土壌殺虫剤です。
- オンシツコナジラミ(若令幼虫)に適用が拡大されました。
- 温血動物では体外への排泄が急速に行なわれるので、安心して使用できます。
- 悪臭や刺激性がなく使いやすい薬剤です。

*みかん・梨・柿など果樹の諸病害に

サニパー[®] (水和剤)

(防除ごよみのローテーションに)

*きゅうり・とまとなどの病気に

三共[®] オキシボルドウ

* 稲・野菜の総合殺虫剤

エチナトン[®] 粒剤

野菜のコナガ、ヨトウ、ウワバ、アブラムシなど

●広範囲の害虫に効きめが鋭い!!

ホスパー[®] 乳剤

- 速効的なデス(DDVP)と活性持続効果で定評のカルホスの配合剤です。カルホス(イソキサチオン)とデスの長所を生かし相乗効果を高めました。
- 咀嚼害虫、吸汁害虫と広範囲の害虫防除に使えます。
- 作物に吸収移行のないカルホスと毒性の分解消失の早いデスの組合せてすから安心して使えます。
- 悪臭や刺激性がないので使い易い薬剤です。
- 薬害の心配がほとんどありません。

丈夫な苗をつくり活着を早める……タチガレン粉剤・液剤



三共株式会社

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

北海三共株式会社
九州三共株式会社

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