

ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病のエピデミオロジー

誌名	日本応用動物昆虫学会誌
ISSN	00214914
巻/号	143
掲載ページ	p. 154-156
発行年月	1970年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波事務所
Tsukuba Office, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat



ヒメトビウンカとイネ縞葉枯病の

エピソードロジ

河野達郎

(四国農業試験場)

はじめに

イネ縞葉枯病はその病原ウイルスをヒメトビウンカが媒介することによって起こるもので、昔は長野県山間部の一部で問題になる程度の地方病にすぎなかったが、昭和30年代になって西日本一帯に蔓延流行するようになった。8~9月ごろに発病することもあるが、主要な発病が見られるのは7月であって、はげしい時は株全体が枯死し、枯れないまでも出穂しないから、収量も50 kg/10 a 以下になることさえある。

このウイルス病に対するイネの感受性は生長のステージで異なり、大体田植後3週間くらい経過して、活着したイネが急速に生長する分けつ最盛期ごろの苗が最も感染しやすい。それより生長したイネでは感染し難くなり、感染しても発病しないことが多い。

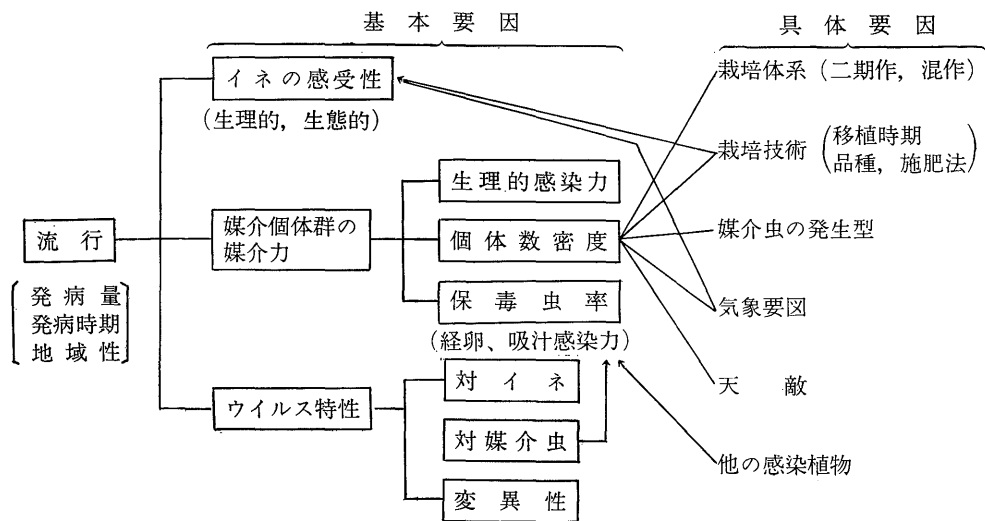
一方、このような感染、発病を起こさせる媒介劇の主役はコムギ畑などで第1世代を經過し水田へ飛来する第2回成虫と次の第2世代幼虫であるといわれている。水田へ集来する時期は瀬戸内地帯では大体6月上・中旬ごろとなる。したがってこの時期にウイルス感受性が最も高い状態にあるイネ、すなわち5月中・下旬ごろに移植したイネが最もはげしい感染をうけ、それより早く植えたものや、遅い移植イネでは感染、発病が少な

い。昭和30年ころから普及した早植栽培が西日本における本病流行のキッカケとなったといわれているが、その機構はヒメトビウンカ第2回成虫の水田集来時期とイネのウイルス感受性が最高となる時期との synchronism によって理解できる。

本病の流行を考える場合に、イネのウイルス感受性や媒介個体群のウイルス感染(媒介)力とともに、ウイルスそのものの特性を無視することは出来ない。永続性ウイルスによる病気であるだけに本病の地域的、年次的な流行変動にウイルスの病原性や伝染性に差異が存在し、それが関係しているかも知れない、いやむしろ存在すると考えるのが妥当であろう。以上の関係を表示してみると下表ようになる。ここでは主として媒介個体群の媒介力、とくに保毒虫率に焦点を合わせて流行の問題を考えてみたい。ウイルス病の流行をマクロな視野——年次変動や地域性など——でみる場合には保毒虫率が案外に安定した流行の指標であるように思われるからである。

保毒虫率変動機構についての生態学的考察

ヒメトビウンカでも縞葉枯病ウイルスを体内に持ち、イネへの感染力をもつ個体(保毒虫)は個体群中の一部の個体であって、保毒する経路は雌親からの経卵感染と発病植物からの吸汁感染に限られている。その地方に流行が起こると保毒虫率の上昇が起こるので流行の1指標となるが、実際の流行量は保毒虫率と媒介虫密度の積、すなわち保毒虫密度に依存するはずである。このうち媒介虫密度の変動は保毒虫率のそれとは独立の機構で説明しうるから、ここでは保毒虫率の変動とくに世代変動、年次変動をとりあげ、その機構を通して流行現象をさぐることにした。また便宜上、とくに断わらないかぎり各世代の成虫個体群の保毒虫率をとりあげることにする。



1) 保毒虫率の世代変動を解析するための数理的モデル

媒介虫のウイルス獲得が経卵感染のみによって起こり、吸汁感染は起こらない単純な場合を考える。いま保毒することがその個体の生存、生殖などに有意な影響を及ぼさないとし、また他の個体群との間に移入がないとすれば、はじめの個体群の保毒虫率 (P_0) は n 世代後には

$$P_n = P_0 r^n \dots\dots\dots(1)$$

r : 経卵感染率 (保毒雌成虫が産出した次代虫の平均保毒虫率で恒数)

この関係から世代 (n) とその保毒虫率 (P_n) の対数の間には直線関係が期待されるが、もし r が一定でなく、世代とともに変わるものなら、直線とはならない。いま初世代の経卵感染率 (r_0) が世代とともに $s\%$ ずつ変化し、 n 世代目に $r_n = r_0 s^n$ となる場合を考えると

$$P_n = P_0 r_0^n s^{n(1+2+\dots+n)} \dots\dots\dots(2)$$

となり、 s が 1 以外なら直線とはならない。

上述の関係はそのまま自然個体群に適用できないが、実験個体群を用いて経卵感染率を推定したり、ウイルス保毒が増殖に及ぼす影響をしらべたりする場合には役に立つ基本モデルとなる。

発病がみられる圃場では、経卵感染だけでなく吸汁感染も起こる。いま無毒個体が感染源 (発病植物) からの吸汁によって保毒成虫となる割合を吸汁感染率 (w) とする。ただしこの場合は

$$w = \frac{\text{吸汁感染成虫数}}{\text{羽化総虫数} - \text{経卵感染成虫数}}$$

また、保毒雌親から平均 $(1-r)\%$ の割合で現われる無毒化仔虫が他の未感染仔虫に比べてとくに吸汁感染しにくい (あるいは感染しやすい) ということがないとすれば、ある世代の保毒虫率 (P_n) は次の ($n+1$) 世代には

$$P_{n+1} = P_n r (1-w) + w \dots\dots\dots(3)$$

となる。この関係から r さえわかれば前後の世代の保毒虫率からその世代の w を推定することができる。

$$w = \frac{P_{n+1} - P_n r}{1 - P_n r} \dots\dots\dots(4)$$

また世代間に保毒虫率の変動が起こらない (等しい) という条件を考え、これを平衡保毒虫率 (P_e) とすると

$$P_e = \frac{w}{1 - r(1-w)} \dots\dots\dots(5)$$

したがって r や w が一定なら、はじめの保毒虫率がいくらであっても、いずれは (6) 式にしたがって P_e に取れんする。

$$P_n = P_0 \{(1-w)r\}^n + w[1 + \{(1-w)r\} + \{(1-w)r\}^2 + \dots + \{(1-w)r\}^{n-1}] \dots\dots(6)$$

r は一定としても、 w は各世代での感染源の存在密度や、ウイルス獲得の難易に關する個体群の内的外的条件によって当然違った値をとると考えられるから、(6) 式は現実的なモデルではない。しかし、(5) 式とあわせ考えれば r が小さいと高い保毒虫率を維持することが如何に困難であるか、また 10% 程

度の保毒虫率なら r が 90% もあれば無毒虫のうちのせいぜい 1 割が吸汁感染することによって十分保持できることがわかる。

ある保毒虫率のヒメトビウカ実験個体群を用いて、経卵感染しか起こらない条件のもとで累代飼育して保毒虫率の世代変動をしらべた実験の結果に (1) 式を適用してみたが、きわめてよい適合を示した。その結果、個体群が恒常的な経卵感染率 (94%) をもっていること、また当然の帰結であるがヒメトビウカがこのウイルスに感染してもその増殖能力に有意な影響をもたらさないことも明らかにし得た。このように r が定常であることは上述のモデルを利用する上でたいへん有利であるといえる。

2) ヒメトビウカ自然個体群における保毒虫率の変動

ここに紹介する資料は普通寺市の四国農試圃場を中心として、その周辺地区をも含めて行なった調査の結果である。保毒検定は個別別に感作赤血球凝集反応 (以下血清反応という) で調べた。

保毒虫率の変動を左右する要因の一つとして、個体群の卵経卵感染率を把握するために、さきに述べた実験個体群を用いての累代飼育実験とは別に、野外から採集した保毒雌成虫について個別に次代仔虫の保毒の有無をしらべた。個体によってかなりの差はあったが、個体群全体としては約 94% となった。この値は九州地域でのそれよりやや高いものであって、地域差の存在も考えられる。

その年の水稻の感染、発病に最も大きい関係をもつ点で、水田へ集来する第 2 回成虫ないしは飛来前の幼虫期の保毒虫率は基本的な意味をもつものであろう。普通寺市とその周辺地区で主としてコムギ畑の幼虫を毎年採集して保毒検定を行なったが、これらの平均保毒虫率は水田へ集来した第 2 回成虫でしらべたそれとほぼ一致するものであった。

つぎに水田における第 2 世代以後の保毒虫率の世代変動を、いろいろな田植時期の水稻圃場で追跡調査した結果、保毒虫率の上昇が観察されたが、その程度は発病のはげしかった早植圃場ほど大きく、圃場によっては第 5 世代までに 60% を越えるほどの高い保毒虫率に達した。一方これと平行してしらべたイタリアンライグラスの圃場では秋までほとんど上昇が認められなかった。水稻圃場における上昇過程をみると、移植期の早晩に關係なく、第 2 世代では起こらず第 3 世代になって急激に上昇しはじめ、第 4 世代も少し増大するが、明らかに第 3 世代が上昇の主役となった。(3) 式によって w を計算してみたが、第 3 世代では無毒虫の 20~25% が新しく吸汁感染したことになる。この保毒虫率上昇の原因が吸汁感染の増大にあることはそれが圃場におけるイネの感染発病率の上昇過程とよく一致したことによっても裏づけられた。このように蒺葉枯病の場合、経卵感染率にそう大きい変動がないかぎり、ウイルス源としての発病株の増加→吸汁感染率の増大→保毒虫率の上昇という単純な關係でほぼ説明できるようである。

水稻が収穫されてから後の変動過程は吸汁感染がないだけに

より簡単のように思われるが、水稲個体群の移動分散による保毒虫率の稀釈現象や保毒虫と無毒虫のあいだの生存値、増殖能力などにおける差、といった生態学的な問題があるので一概に片付けるわけにはいかない。これらの点について行なった実態調査の結果では、たとえ一部の早植圃場で保毒虫率が異常に高くなってもやがて周辺の牧草地や水路雑草地の低い保毒虫率の個体群に合流することによって稀釈されること、越冬期間中には有意な保毒虫率の変動は起こらないことなどが明らかとなった。

次に保毒虫率の変動とは直接関係はないが、吸汁感染を増加させる発病量の増大に關与する点で個体群密度——正確にいえば保毒虫の総数は重要な要因である。とくに第2回成虫および第2世代幼虫はイネの感受性が高まる時期に活動するので最も大きい影響力をもつ。香川県農試の予察灯成績(昭和22~44年)をしらべてみると年によりヒメトビウソカの発生様相は変化している。昭和27~30年ころと昭和34~38年ころは第2回成虫が圧倒的に多い前期誘殺型を示したが、他の年は第2回成虫が少なく、むしろ第3~5回成虫が多い後期誘殺型の年であった。しかし摘葉枯病は昭和27~30年には問題にはならず、昭和35年ころよりはげしい流行期を迎えた。このような流行の契機を生んだのは昭和33年ころよりさかんになった水稲の早植技術の普及とされているが、上述のようなヒメトビウソカの発生型の変化もあわせ考えなければ理解できないであろう。

昭和38年ころより圃場での発病被害は急激に減少したが、これは農家が早植をやめて再び普通栽培に戻ったことによって説明できる。毎年県下各地から採集した第1世代幼虫の保毒虫率を年次順にプロットすると年を追って順調に低下しつづけている。このような流行終息の過程に対して、経卵感染しか起こらないとおいた(1)式を適用してみたところ昭和41年ころまではきわめてよい一致を示した。このことから考えて多少あるように思われるウイルス感染源(発病株)も吸汁感染率をゼロ以上に押し上げるほどのものではないと言えそうである。昭和42~43年の保毒虫率は期待保毒虫率をやや上廻ったが、保毒虫率も7~8%ぐらいに低下するとわずかな吸汁感染率でも保毒虫率をそれ以下に低下させないように作用するという機構が働くにちがいない。今後の保毒虫率の動きを見守ってゆきたい。

ここでは保毒虫率の変動の実態と機構を通して流行の問題を考察したが、試みの段階でありまだまだ明らかにすべき事が少

なくない。経卵感染率の時間的・空間的変動性、ウイルスの変異性、発病の遅延性やヒメトビウソカの発生型の変動原因などが解明されてゆき、本病の流行予測が出来るまでになることを期待したい。

質 疑

伊藤嘉昭：香川県における保毒虫率の年変動は、ヒメトビウソカの発生型の変化を考えなくとも、 w がきわめて低いということの説明できると思うがどうか。

河野達郎：モデルだけで言えば、 r は一定とおくから、保毒虫率の変動は w だけで説明できる。ここで発生型をとりあげたのは、 w を極小にした原因として第2回成虫の激減による発病量——感染源の減少を指摘したかったからである。

弥富喜三：(2)式の s は%でなく100を乗じないままの比率と思うがどうか。

河野達郎：そのとおりです。

伊藤嘉昭：(1)式から期待される世代と保毒虫率(対数)の間の直線関係は、たとえ実験的にそうだったとしても、経卵感染率の変化やウソカに対するウイルスの悪影響など、いろいろな要因が互いに相殺し合った結果そうになっているとも考えられる。この点はチェックできるか。

河野達郎：実験個体群を用いての短期間の間の現象はモデルのとおりになって不思議はないが、実際には経卵感染率の経代的变化その他いろいろな不測の要因が介入していると思う。このような要因やその変化をチェックするのにこの基本的なモデルが役に立つのではなからうか。

伊藤嘉昭：香川県で保毒虫率はかつて(昭和35~36年ころ)上昇したと思われるが、河野氏のモデルで説明できるか。

河野達郎：流行最盛期ごろの保毒虫率についてはデータが全くないので、演者は(1)式から外挿法によって推定したが、もし世代ごとの保毒虫率がわかっていたら(3)式から各世代の w を推定できたと思う。保毒虫率が急上昇した過程については、モデルだけでは説明できないと思っている。保毒虫率が急上昇したのは w の上昇によることは間違いないが、 w 上昇の原因として第2回成虫の密度増大と早植によるウイルス感染の機会の増加などによって発病量(ウイルス源)が増大したことを理解しないとイケない。このような点までモデルに組み込む試みを中筋氏がやっているので注目してほしい。