

昭和平
和成年
二十五
四年年
九九八
日月月
九一十五
日日日
第發印

三行刷
種～第四
郵便回卷
物認行
可

植物防疫



1993
9

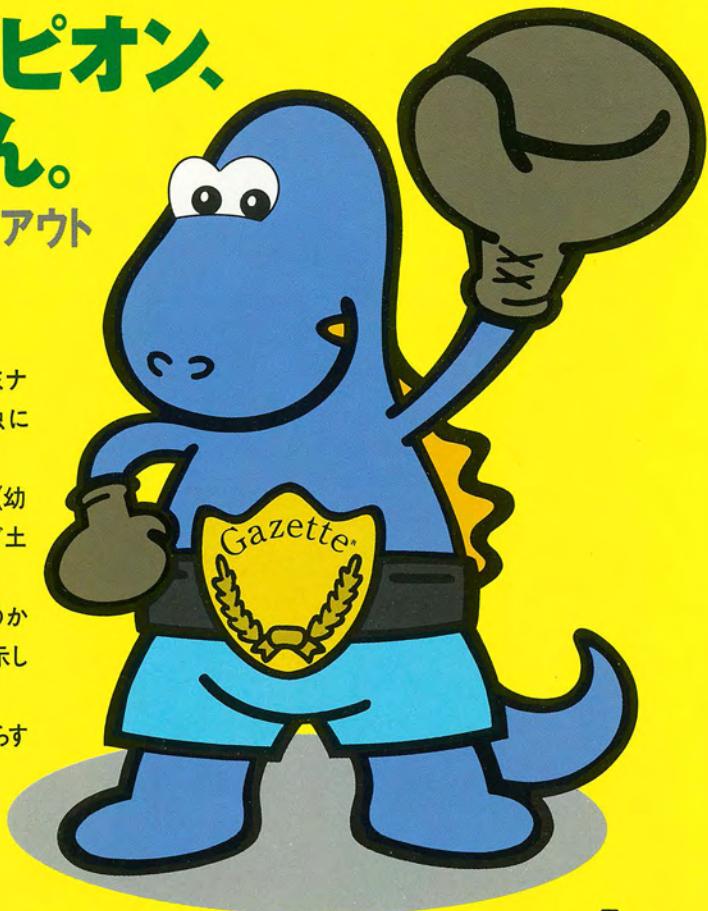
VOL 47

畠のチャンピオン、 ガゼットくん。

野菜・畠作害虫をノックアウト

特長

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



ガゼット[®]粒剤

カルボスルファン…3.0%

®は米国FMC社の登録商標です。



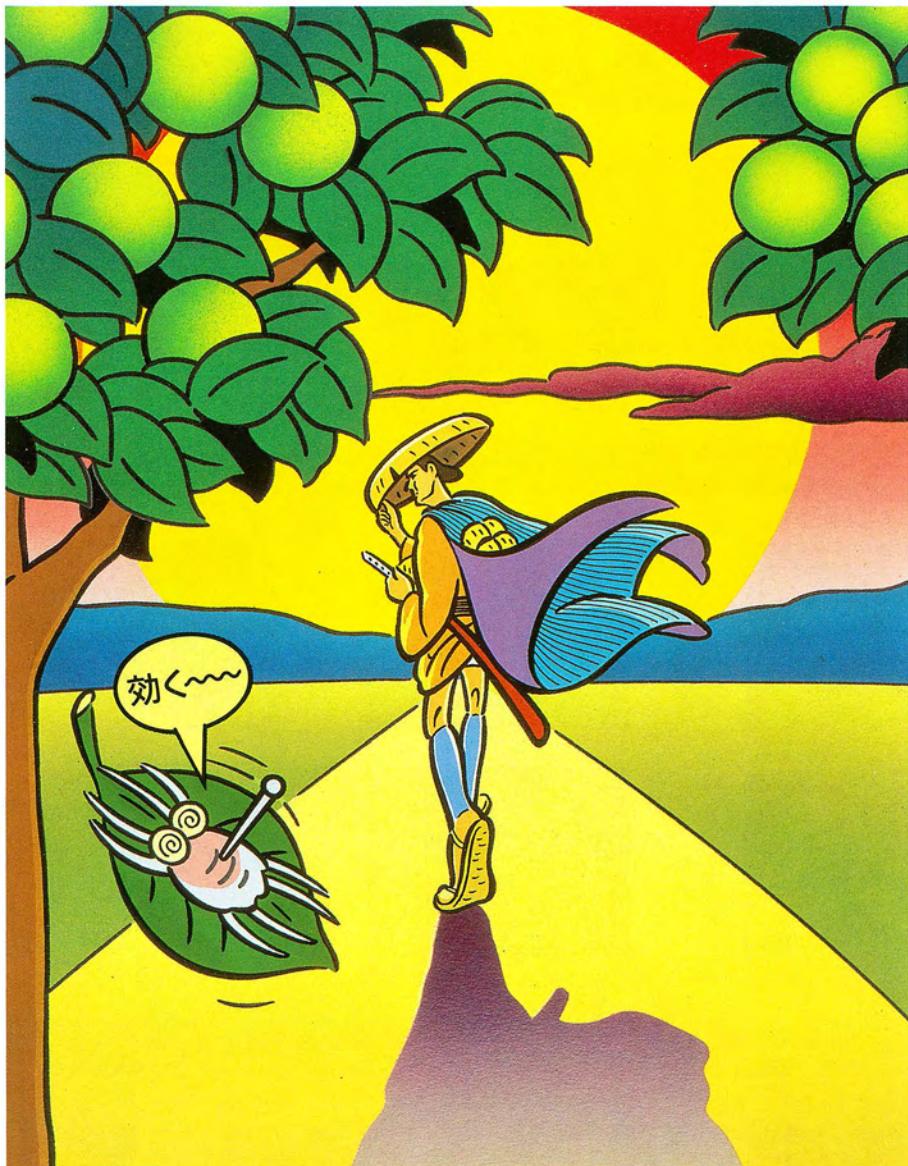
日産化学

FMC

原体供給元

FMCコーポレーション

日産化学



あり向けばもう……



殺ダニ・殺虫剤

サンマイト[®]水和剤
サンマイト[®]フロアブル

®は日産化学工業(株)の登録商標

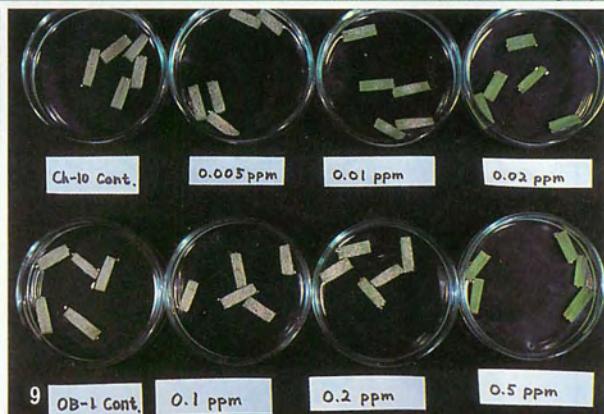
●サンマイト水和剤 …… かんきつ、りんご、なし、もも、おうとう、ぶどう

●サンマイトフロアブル …… 茶、すいか、メロン、いちご、あずき、きく、
カーネーション、トマト、ポインセチア



植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(4) コムギ赤かび病菌・うどんこ病菌

宮島邦之氏・中澤靖彦氏原図(本文38ページ参照)



⑥



①ダイズ葉上のヒメハダニカブリケシハネカクシ成虫 ②卵(右下)を被覆するヒメハダニカブリケシハネカクシ雌成虫 ③ナミハダニ(赤色型)の雌成虫を捕食するヒメハダニカブリケシハネカクシ3齢幼虫 ④ナミハダニ(黄緑型)の卵を捕食するハダニカブリケシハネカクシ3齢幼虫 ⑤メックンバッグ®を利用したコムギうどんこ病菌の培養 ⑥播種14日後のチホクコムギ苗からのリーフセグメントの切り出し ⑦クリーンベンチ内のアクリル製円筒を用いたコムギうどんこ病菌の接種 ⑧接種6日後の無処理区の発病(うどんこ病菌がリーフセグメント全体を覆っている) ⑨高感受性菌(上段)と低感受性菌(下段)のトリアジメホンに対する感受性の差 ⑩コムギ赤かび病 左: *F. graminearum*、スピロドキアが厚く桃色を帯びる 右: *F. nivale*、スピロドキアが薄く橙色を帯びる

連載口絵 花の病害虫（8）グラジオラス



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11

①グラジオラス（品種：バイオレッタ）

②ウイルス病による葉の被害

③ウイルス病による花の被害

④グラジオラスアザミウマ：越冬中の成虫、前蛹とその吸汁痕

⑤同：寄生による花の被害

⑥同：被害花（花の出すくみ症状）

⑦同：被害花（白系統は汚れが目立つ）

⑧同：成虫とその被害痕

⑨トウガ若齢幼虫と葉の食害

⑩茎内食入のフキノメイガ幼虫

⑪ハダニによる被害

（関連記事37ページに、写真提供①：本図）

（竹司氏（茨城園研）②～⑪：中垣至郎氏）

新しい防除シーン を提案します。

サンケイ化学のフェロモン製剤

【交信攪乱用製剤】

●コナガコン[®](コナガ用)

●ヨトウコン^{®-S}
(シロイチモジョトウ用)

【大量誘殺用製剤】

●アリモドキコール[®]
(アリモドキゾウムシ用)

●オキメラノコール[®]
(オキナワカンシャクシコメツキ用)

【発生予察用製剤】

●コドリンクコール[®](コドリンク用)

●SEルアー(ニカメイガ、コナガ、
シロイチモジョトウ、カブトヤガ、
モモハモグリガ、キンモンホソガ、
チャノホソガ、シバツトガ、
スジキリヨトウ、ヒメコガネ、
アリモドキゾウムシ用)

フェロモン製剤は
新しい防除シーンを
提案します。

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

害虫の抵抗性を
発達させることなく、
また殺虫剤の
散布回数を軽減する。



※は登録商標



サンケイ化学株式会社

本社: 〒890 鹿児島市唐湊4-17-6

東京本社: 〒101 東京都千代田区神田司町2-1(神田中央ビル) ☎ (03)3294-6981

☎ (0992)54-1161

「地球」 異星人の うらやむ星



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



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-4-20

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

植物防疫

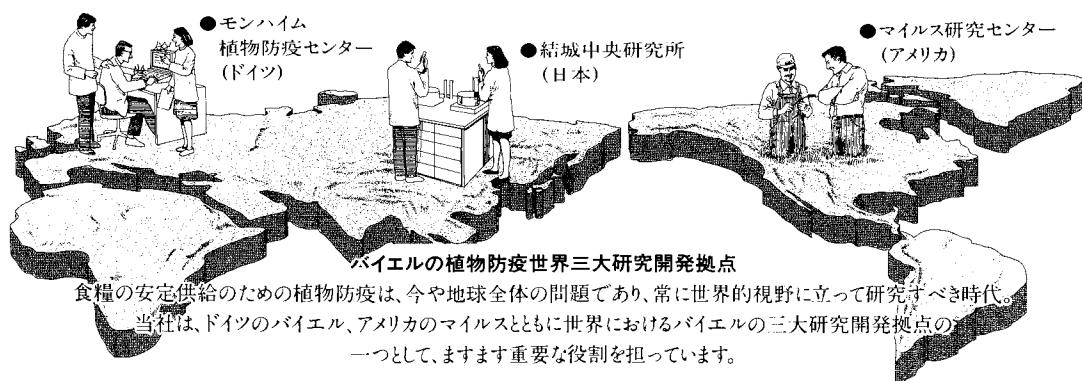
第47卷第9号
平成5年9月号

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

ツマグロヨコバイが西南日本より北日本で多発する要因	里見 純生	1
タイワンツマグロヨコバイとツマグロヨコバイの個体群動態の比較	ウェディアルタ・イ・ニヨーマン	6
縞葉枯病抵抗性イネの分子育種	河又 仁・美濃部侑三	10
種子食性貯穀害虫の起源とその伝播	井村 治	15
薬剤と袋掛けの組み合わせによるナシ胴枯病及びセイヨウナシ尻腐病の防除	那須 英夫	21
ハダニの天敵であるケシハネカクシ類の生態	下田 武志	25
植物防疫基礎講座		
天敵出芽細菌を利用したネコブセンチュウの同定	奈良部 孝・安達 宏	29
多重比較法とその選び方(2)/多重比較法の主な種類	山村 光司	33
(口絵解説)——花の病害虫——(8)グラジオラス	中垣 至郎	37
植物防疫基礎講座		
植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(4)/コムギ赤かび病菌・うどんこ病菌	宮島邦之・中澤靖彦	38
新しく登録された農薬(5.7.1~7.31)		14
学界だより	人事消息	42
主な次号予告		42

自然の恵みをより豊かにするために。

「確かさ」を追求…バイエルの農薬



新しい時代のニーズに合った 夢の新殺虫剤

アドマイヤー®

Bayer



日本バイエルアグロケム株式会社

東京都港区高輪4-10-8

108



いもち防除の 決め手を生かす



●農薬は正しく使いましょう！

アメダスの恋人

BLASIN

- いもち病・ごま葉枯病・穂枯れ・変色米防除に

フ・ラ・シ・ン[®] 粉剤DL・水和剤 フ・ラ・シ・ン[®] バリタ[®] 粉剤DL

- いもち病と稻害虫防除に

フ・ラ・シ・ン[®] トレボン[®] 粉剤DL・水和剤

フ・ラ・シ・ン[®] トレル・バン 粉剤DL

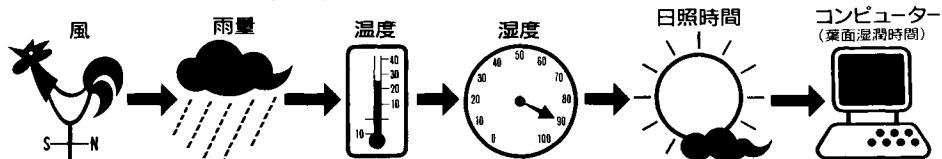
- いもち病・もん枯病と稻害虫防除に

フ・ラ・シ・ン[®] トレバリタ[®] 粉剤DL・水和剤

フ・ラ・シ・ン[®] ル・バン[®] バリタ[®] 粉剤DL

- コンピューター発生予察システムを活用した初めてのいもち防除剤です。
- 稻自身がもつ防御反応を刺激していもち病菌の広かりをストップさせます。
- 速やかに稻体内にゆきわたり、散布後の雨による影響を受けにくい。
- ごま葉枯病、穂枯れ、変色米など他の病害にも有効で、稻の仕上げ防除剤として最適です。

アメダスを利用した発生予察は全国840ヵ所(日本全土直徑18km地点に1ヵ所あり)から送られたデータをもとに、農業試験場がいもち病の感染好適葉面湿潤時間を算出し、いもち病の発生予察・防除に活用しています。



ツマグロヨコバイが西南日本より北日本で多発する要因

農林水産省北陸農業試験場 里見ひろ紹生*

はじめに

ツマグロヨコバイの発生相、特に水田後期の発生量が西南日本と北日本で大きく異なることはよく知られている。西南日本（九州・四国・本州南岸地方）では本種はイネ萎縮病の媒介虫として重要であるが、直接吸汁害を生じることはまずないといえる。これに対して、北日本（北陸・東北地方）ではときどき出穂後に大発生して、登熟・稔実障害により減収となる事例がある。

久野（1968）は九州農試（福岡県筑後市）の水田圃場で、6年間にわたりサクションキャッチャーを用いてウンカ・ヨコバイ類の密度推移を調査した。その結果、ツマグロヨコバイではピーク世代（第三世代）の密度は比較的低い密度（成虫と3歳以上の幼虫で株当たり約14頭、ただしHOKYO（1976）では別の7年間で雌成虫の初期密度で株当たり約16頭）で、年次間でわめて安定しており、この安定性は密度依存的自己調節機構—具体的には分散と関連した成虫の密度依存的産卵調節—によるものであるとした。一方、久野と同じ方法による常楽ら（1983）の富山市における調査結果では、第三世代虫密度（3歳以上）は4年間の最高の年には約77頭で、久野の値とはかなりの開きがある。また、Ito and JOHRAKU（1982）は北陸地方と東海・西日本地方との50回振りすくい取り虫数のレベルの違いを指摘し、平野（1988）は両地方の平衡密度の間に数倍の差があることを示した。

このようなピーク世代密度の地域差がなぜ生じるのかということで、ひところは何人の研究者が、両地域のツマグロヨコバイの間に生理生態的形質の違いを見いだそうとして、圃場調査や飼育実験に取り組んだが、野外における密度差を説明できるほどのデータは得られなかつた。SATO and SOGAWA（1981）が報告した二つのバイオタイプは特定の抵抗性遺伝子をもつイネ品種に対する反応の違いを示すものであり、直接に地域差と結び付けることはできない。

このように、虫自体の遺伝的形質の違いに原因を求める

のは困難なことから、最近では稻の栽培品種や生育ステージに原因があるのではないかと推測する人が増えてきたように思われる。晚生品種よりも早生品種で後期の密度が高くなることは以前から知られていたが（嘉藤・若松、1978）、その原因としては晚生品種の一定の生育ステージが第二世代の発育に悪影響を及ぼすためと推測されるなど、これまで早生品種への産卵選好性をめりよう指摘した報告はなかった。

I 稲の出穂期と産卵数との関係

筆者らは1985年から実施された超多収稻に関するプロジェクト研究の中で、北陸農試（新潟県上越市）圃場に出穂期の異なる数品種を並べて栽培し、ツマグロヨコバイの密度推移を調査したところ、出穂期の早い品種圃場ほど第三世代のピーク密度が高くなることを認めた。そこで、引き続いて、圃場、圃場に設置した大型ケージ、ポットを入れた小型ケージの3段階で出穂期と産卵数との関係を調査し、出穂後の稻では産卵数が著しく増加することを明らかにした。詳しくはSATOMI（1993）をみていただきたいが、結果の一部を紹介すると、

① 圃場における第二世代成虫末期の株当たり産卵数は出穂期の早い品種ほど多く、1985年の例では、越路早生（早生：7月25日出穂）と日本晴（晩生：8月20日出穂）との間には約10倍の開きがあった（図-1）。

② 1.8 m立方のサラン網張りケージで60株の稻を覆い、6月下旬に各20対の成虫を放飼した実験では、8月20日以後の第三世代成幼虫密度は、10株払い落とし数でアキヒカリ（早生）で約35頭に対し、日本晴では2～4頭に留まり、やはり10倍の差があった。

③ 40×40×91 cmのケージにポット稻1株を収容し、一定数の成虫を一定期間放飼した実験では、放飼（産卵）期間が早生稻の出穂後で晩生稻の出穂前の場合には、早生稻への産卵数が晩生稻より有意に多かったが（2倍以内）、放飼期間が両品種の出穂前の場合には産卵数にほとんど差がなかった。

④ 産卵数を稻の葉鞘位置別にみると、出穂後の早生品種では上から1～2葉に多く、第3葉鞘以下の産卵数では晩生品種と大差がない。

⑤ 出穂後の稻で産卵数が急増する原因は明らかでないが、稻の栄養条件の変化によるものではなく、上位葉

* 現 三井東圧化学株式会社

Causal Factors of High Peak Density of the Green Rice Leafhopper, *Nephrotettix cincticeps* (UHLER) (Hemiptera: Deltocephalidae) in Northern Japan in Contrast to Southwestern Japan. By Hirowo SATOMI

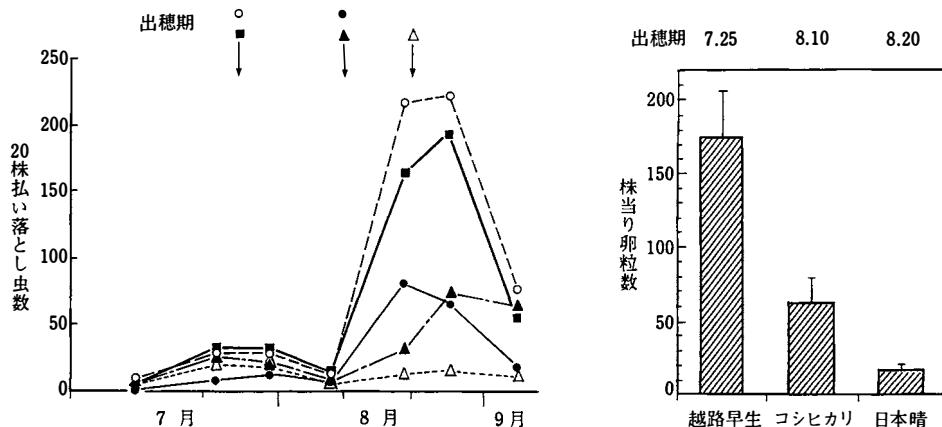


図-1 (左) 稲品種の出穂期と第三世代成虫密度との関係 (北陸農試圃場, 1985年)

矢印はその上に記号で示した品種の出穂期
 ○：越路早生, ■：アキヒカリ, ●：アキヒカリ
 リ 6月 7日植, ▲：コシヒカリ, △：日本晴

(右) 同じ圃場での第二世代成虫期終了後の産卵数

鞘の伸長による産卵場所の増加や、なんらかの産みやすさによるものと考えられる。

II 早・晩生品種の移植期と第二世代の産卵及び増殖との関係

北日本では、7月下旬～8月上旬に出穂する早生・中生品種が多く栽培され、西南日本では8月下旬～9月上旬に出穂する品種が多い。移植期も北日本では5月上・中旬、西南日本では6月中・下旬が中心で、西南日本では北日本より1か月以上遅い。しかし、第二世代成虫の羽化最盛期にはそれほど大きな差はない、西南日本では7月下旬～8月上旬、北日本では8月上旬～中旬と考えられる。したがって、第二世代幼虫が発育する7月上・中旬の水田をみると、西南日本では北日本より稻が若く、繁茂度も低いので、この稻の生育ステージや水田の微気象の違いが虫の産卵能力に影響を及ぼす可能性がある。

1 圃場における成幼虫・卵密度と世代間増加率

そこで1990年から3年間、北陸農試の圃場に西南日本を想定した6月(14～16日)移植区を設け、慣行の5月(14～16日)移植区とともに、それぞれ越路早生と日本晴を栽培し、4区間で第二世代から第三世代へかけての成幼虫密度の推移と第三世代の卵密度を調査、比較した。5月移植区は品種名の後に(普)を付け、6月移植区は(遅)を付けて示した。各区の面積は18×13m(約73株×40列)で、反復は設けなかった。成幼虫の密度調査には24×18cmの粘着板を用い、各区から毎回2～3列を

選び、各列20株上の虫を1回叩きで1枚の粘着板に払い落とした。卵密度調査には毎回40茎(1株1茎)を系統抽出し、卵塊ごとに既ふ化、未ふ化、被寄生、死亡等に分けて卵粒数を記録した。

各区の出穂期は、越路早生(普)が7月30日～8月4日、日本晴(普)と越路早生(遅)が8月16～22日、日本晴(遅)が8月31日～9月1日の範囲にあり、日本晴(遅)の出穂期は西南日本における中・晩生品種の出穂期に近く、越路早生(普)との差は約1か月になった。

1991、1992年における各区の成虫密度推移と出穂期を図-2に、また一種の世代間増加率と成虫終期における第三世代の卵密度を表-1に示した。世代の区分には各調査日の全幼虫数に対する4・5齢幼虫数の比率を用い、この値が上昇から下降に転ずる点を両世代の境界とした。この方法による世代の区切り自体は容易であるが、実際には、特に第三世代と第四世代とは大きく重なりあっている。そこで表-1では、成虫密度としては単純に第二世代期間中の成虫+5齢幼虫の最大数、第三世代虫密度としては第三世代期間中の成虫合計の最大数(ピーク密度)を用いた。

第二世代成虫期の密度は両品種とも6月移植区が5月移植区の数倍も高かったが、第三世代虫の密度は越路早生(普)で特に高く、日本晴(遅)では第二世代虫密度に比べて減少あるいはほとんど増加しなかった。越路早生(遅)及び日本晴(普)での密度は、1991年には低かったが、1992年には前2者の中間を占め、越路早生(遅)での密度が日本晴(普)よりも高かった。世代間増

表-1 品種の熟期と移植期の異なる水稻圃場におけるツマグロヨコバイ第二世代及び第三世代密度の比較

	年 次	越路早生	日本晴	越路早生(遅)	日本晴(遅)
第二世代虫密度(A) (成虫 + 5齢幼虫)	1991	4.0	4.5	31.5	36.0
	1992	6.5	8.5	38.5	39.5
第三世代卵密度	1991	287.6	54.6	21.0	11.3
	1992	340.8	167.6	221.0	64.3
第三世代虫密度(B) (成虫 + 幼虫)	1991	169.0	26.7	33.0	14.0
	1992	521.5	158.5	317.5	85.5
世代間密度比(B/A)	1991	42.3	5.9	1.0	0.4
	1992	80.2	18.6	8.2	2.2

成・幼虫密度は20株当たり払い落とし数(各世代のピーク日)

卵密度は1株当たり(1991年は8月24日, 1992年は8月31日調査)

粘着板の捕虫効率は成虫では低く、また稻が大きくなるほど低くなることを考慮する必要がある。

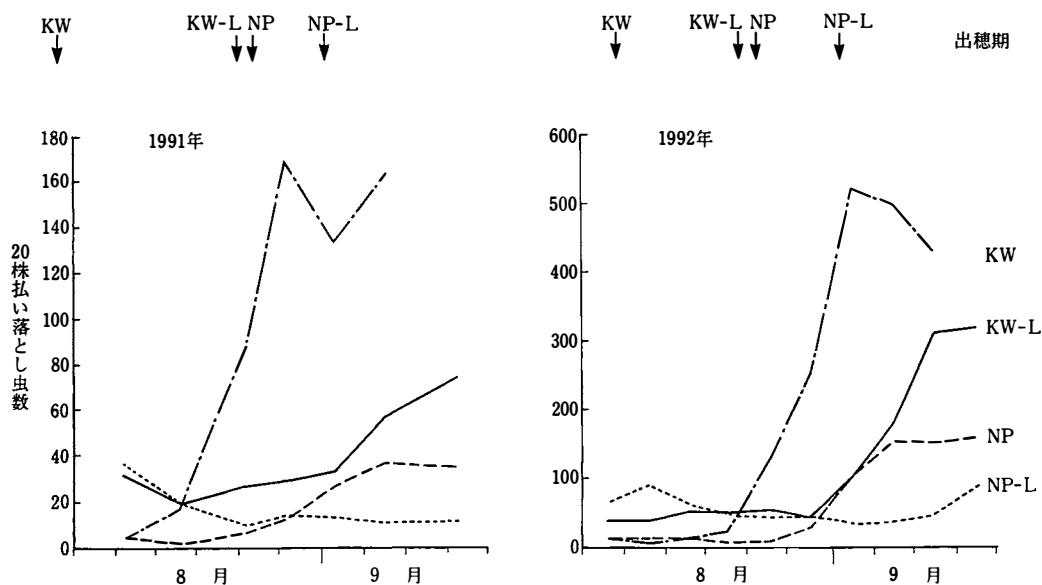


図-2 品種の熟期と移植期の異なる水稻圃場での成幼虫密度推移

KW: 越路早生(普), KW-L: 越路早生(遅), NP: 日本晴(普), NP-L: 日本晴(遅)

加率は両年とも越路早生(普)で著しく高く、日本晴(遅)で最も低く、日本晴(普)では越路早生(遅)よりも高く、出穂期の早晚と平行的な結果となった。

しかし、1992年には、特に越路早生(普)以外の3区で、1991年に比べて第三世代密度及び世代間増加率が大幅に高くなった。年により第二世代成虫の羽化期にかなりの差があり、1991年には成虫数のピークは8月6日あるいはそれ以前にあったと考えられるのに対し、1992年には8月13~18日にあったので、出穂期の遅い品種では

羽化期から出穂期までの間隔が縮まり、その結果産卵数が増加したものと考えられる。越路早生(普)の第三世代密度及び増加率が最も高く、日本晴(遅)のそれらが最も低いという関係は変わらないものの、第二世代成虫羽化最盛期と各品種の出穂期との時期的な相互関係が、産卵数を通じて、次世代への増殖率に大きな影響を及ぼすように思われる。

図-3には幼虫合計数に対する1・2齢幼虫数の比率の推移を示したが、出穂期が遅い区では1・2齢幼虫の増

加しはじめる時期もその分だけ遅くなってしまっており、あたかも出穂を待つて産卵が始まるように見える。

2 アタマアブ類寄生率と飼育による産卵数

品種と移植期の異なる 4 圃場の稻で生育した第二世代成虫の間に産卵能力の違いがあるかどうかをみるために、各区から 5 齢幼虫を採集し、羽化後、採集した各区の稻の茎葉を与えて、大型試験管内で自然温で飼育し、産卵数を調査した。死虫は解剖して寄生虫の有無を調べた。

その結果、著しい違いがみられたのはアタマアブ類(ツマグロヨコバイアタマアブ)の寄生率である(表-2)。移植期によりまとめると、5 月移植では 1991 年が 4.4%、1992 年は 0% に対し、6 月移植では 1991 年が 32.5%、1992 年が 34.8% であった。以前にも北陸農試圃場や北陸地域の数か所から採集した成幼虫を飼育したことがあるが、アタマアブ類の寄生はほとんど認められなかつたので、遅植えにより突如出現したという感じである。西

南日本ではアタマアブ類の寄生は普通にみられ、大内・末永(1964)が筑後市九州農試圃場で年間を通じて調査した例では、寄生率は第二世代で最も高く、7 月 15 日と 22 日でそれぞれ 81% と 57% であった。6 月移植で寄生率が高くなった原因としては、寄主密度が高いことも一因かもしれないが、稻が小さく、株間が開いているので、寄主の発見、産卵が容易なためではないかと考えている。ちなみに、アタマアブ類の寄主探索は視覚に大きく依存しているよう、寄主周辺を飛び回って探索し、寄主を捕らえると空中で産卵するという(矢野、1986)。

6 月移植区では高率の寄生により産卵雌率が低下し、1992 年では 5 月移植の両区の平均が 78.3% に対し、6 月移植のそれは 46.9% であった(表-3)。産卵雌のみについての 1 雌当たり産卵数をみると、1990 年、1992 年とも同じ品種の両移植期の間には有意差が認められず、むしろ品種間差のほうが大きかった。このような品種間差が早生品種と晚生品種との間で共通にみられるものか、あるいは各品種に特異的な形質によるものかは、今後検

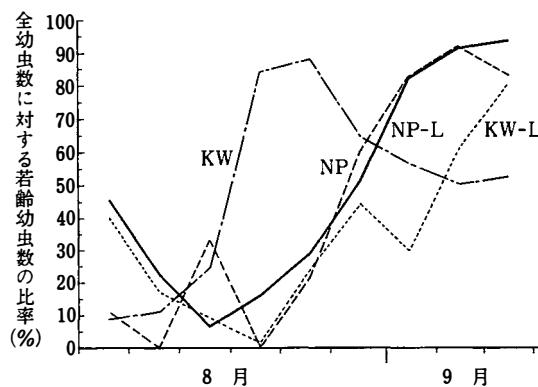


図-3 品種の熟期と出穂期の異なる水稻圃場での幼虫合計数に対する若齢幼虫数の比率(1992 年)
品種名の記号は図-2 に同じ

表-2 ツマグロヨコバイ第二世代成虫に対するアタマアブ類寄生率の比較

試験区	年次	供試数	寄生率(%)
越路早生(普)	1991	58	8.6
	1992	50	0
日本晴(普)	1991	55	0
	1992	55	0
越路早生(遅)	1991	84	35.7
	1992	74	29.7
日本晴(遅)	1991	70	28.6
	1992	61	41.0

表-3 ツマグロヨコバイ第二世代における産卵雌率及び 1 雌当たり産卵数の比較

年次	試験区	産卵雌率(%)		1 雌当たり産卵数	
		供試数	産卵雌率	供試数	平均値±標準偏差
1990	越路早生(普)	20	95.0 a	17	212.9±92.0 a
	日本晴(普)	19	89.5 a	14	108.8±49.6 b
	越路早生(遅)	27	74.1 a	15	207.6±81.9 a
	日本晴(遅)	19	84.2 a	16	158.6±60.7 ab
1992	越路早生(普)	25	92.0 a	19	272.0±59.7 a
	日本晴(普)	27	92.6 a	17	161.4±52.6 c
	越路早生(遅)	38	52.6 b	13	225.5±100.2 ab
	日本晴(遅)	26	38.5 b	6	181.0±74.3 bc

1 雌当たり産卵数：産卵雌のみについての羽化後 2 週間以内の産卵数

同じ英文字をつけた平均値間には 5 % 水準で有意差がないことを示す。

討の必要があろう。圃場では出穂期による産卵数の違いが大きいので、各品種の形質に基づく小さな差異は隠されてしまうが、出穂期が同じ感受性品種の間でも、産卵に対する適性に多少の差異があるのは事実である。

III 結論と今後の問題

西南日本を想定して6月中旬に晚生品種を移植すると、その出穂期も8月末～9月初めと、西南日本のそれに近くなり、そこでは第二世代から第三世代にかけてほとんど密度の増加が認められなかった。この場合北日本に特有の増殖阻害要因があるのかどうかが問題になるが、第二世代成虫の産卵能力、天敵の密度、気温等を考慮すると、北日本の条件はむしろ増殖には有利と考えられる。

HOKYO (1976) は九州農試圃場における7年間の試験結果から、第三世代卵の平衡密度は株当たり100、第四世代のそれは700と、世代別に二つの平衡密度があることを示した。第二世代雌成虫のピーク密度は株当たりおよそ1～3頭と読みとれ、北陸農試圃場の6月移植区の密度に近く、株当たり100という卵密度は日本晴(遅)での1991年と1992年の値の中間にあるので、九州でも第二世代の産卵数は日本晴(遅)とほぼ同じレベルにあるとみることができる。世代により平衡密度が異なることについては、成虫の産卵に対する密度依存性の違いとしているが、密度依存性は稻の生育ステージのような産卵環境の季節的変動によって変わり得るとも述べている。この場合の第三世代成虫の発生期は8月下旬～9月下旬で、試験に用いられたレイホウ(晚生品種)の出穂期は9月上旬であるから、出穂によって産卵数あるいは環境収容力が高まると考えればよく説明できる。HOKYO (1976) はまた第三世代卵から第四世代卵への増殖率については、第三世代雌成虫の寿命(存在期間)が変動主要因であると述べているが、これも、出穂後までどれだけの雌成虫が生き残れるかによって産卵数が左右される、ということではないかと考えられる。

出穂後に、特に早生品種で産卵数が急増することについては、成虫の移動による集中の可能性が問題になる。筆者のデータからこの有無を検証することは困難であるが、調査日ごとの成虫数の増減や、5齢幼虫数と成虫数との比率などからみる限り、方向性をもった移動があるようにはみえない。那波(1990)は早生稻の出穂直後に中生品種圃場から早生品種圃場への雌成虫の移動が認められたと報告しているが、早生稻に好んで集まるという

ことではなく、ツマグロヨコバイの発育に不適な幼穂形成期の中生稻で飛翔行動が活発になり、その結果として隣接する早生稻での密度が高まると解釈される。

6月移植区では第二世代成虫の密度が5月移植区よりも高かったので、第三世代への密度増加率が低かったことは、数値だけをみれば、密度効果が働いたということになる。久野(1968)などは第二世代成虫の密度依存的な移出をピーク世代(第三世代)密度安定化の機構として重視している。6月移植区で実際に密度依存的な移出が認められたのかどうか、また稻の状態との関連で、どの程度の密度からこのような移出が起こるのか、さらに検討が必要であろう。西南日本で第二世代成虫の産卵に対する密度効果がみられるとしても、北日本における第二世代成虫の密度は通常西南日本よりかなり低く、第三世代で一挙に密度が高まるのである。

これまで述べてきたように、第二世代成虫が稻の出穂前に発生するか、出穂後に発生するかが、第二世代虫の産卵数を通じて、第三世代への増殖率を決定する最も重要な要因であり、西南日本と北日本とのピーク世代密度の地域差も、その大半はこれで説明できるものと考えている。アタマアブ類の寄生に基づく産卵雌率の違いは補助的な要因であろう。出穂に伴って産卵数が増加する機構はまだ明らかにされておらず、ぜひとも解決したい課題である。また、既に述べたが、北日本では第二世代成虫の発生期と各品種の出穂期との時期的な関係によって産卵数が大きく異なるので、この関係を用いて水田後期発生量の大まかな予察が可能である。

出穂後は稻が成熟し、やがて刈り取られることになるので、出穂後に産卵数が増加することはきわめて適応的な意義があるとも考えられる。

引 用 文 献

- 1) 平野耕治 (1988) : 植物防疫 42(1) : 2～8.
- 2) HOKYO, N. (1976) : Rev. Plant Prot. Res. 8 : 1～13.
- 3) Ito, Y. and T. JOHRAKU (1982) : Appl. Entomol. Zool. 17(3) : 337～349.
- 4) 常樂武男ら (1983) : 応動昆 27(2) : 146～151.
- 5) 嘉藤省吾・若松俊弘 (1978) : 北陸病虫研報 26 : 12～17.
- 6) 久野英二 (1968) : 九州農試彙報 14 : 131～236.
- 7) 那波邦彦 (1990) : 広島農試報告 53 : 33～41.
- 8) 大内義久・末永一 (1964) : 九州農業研究 26 : 136～137.
- 9) SATO, A. and K. SOGAWA (1981) : Appl. Entomol. Zool. 16(1) : 55～57.
- 10) Satomi, H. (1993) : Appl. Entomol. Zool. 28(2) : 207～216.
- 11) 矢野宏二 (1986) : まくなぎ 14 : 8～22.

台湾ツマグロヨコバイとツマグロヨコバイの個体群動態の比較

岡山大学農学部 ウィディアルタ・イ・ニヨーマン*

は じ め に

イネ害虫ツマグロヨコバイ類は熱帯及び温帯アジア地域に生息し (WILSON and CLARIDGE, 1985), イネウイルス病の媒介昆虫として重要な害虫である。とりわけ熱帯アジアでツングロ病を媒介する台湾ツマグロヨコバイ (*Nephrotettix virescens*) (以下, 台湾) (HIBINO and CABUNAGAN, 1986) と温帯アジアで萎縮病を媒介するツマグロヨコバイ (*N. cincticeps*) (以下, ツマグロ) (FUKUSHI, 1934) は重要である。ツマグロは, その害虫としての重要性から, これまでイネ上での個体群動態は詳しく研究されてきた (久野, 1968; KIRITANI et al., 1970; 法橋, 1972)。しかし, 萎縮病の伝播に重要な役割をもつ休閑田期のスズメノテッポウ上での第一世代の生存率にかかる要因はまだ不明な点があり, さらに研究する必要がある。一方, 台湾の個体群動態はツマグロほどまだよく知られていないのが現状である。

VALLE et al. (1986a, b) はツマグロと台湾の間に発育期間や産卵数などに大きな違いがないことを報告しているが, それぞれの種の熱帯と温帯水田での個体群密度の変動には大きな違いがみられる。HOKYO et al. (1977) のマレーシアとインドネシアでの調査によると, イネ上の台湾の密度は日本のツマグロに比べて低い。また平尾 (1991) のマレーシアでの調査結果によると, 台湾の発生消長はツマグロと異なり, イネの収穫期に密度があまり増加しない。しかし, 上に述べた両種の個体群動態の違いはいずれも同じ調査法で得たデータを基に比較した結果ではなく, さらに, 両種の個体群動態の違いにかかる要因も明らかにされていない。

筆者は, インドネシア植物保護局と国際協力事業団による植物保護共同研究プロジェクト (ATA-162, 1980~92 年) のツングロ病・ツマグロヨコバイ研究グループの現地アシスタント・カウンターパートの一人として, 本研究グループが 1984~91 年に FARMCOP 法 (CARIÑO et al., 1979) を用いてインドネシアにおける台湾の個体群密度を調査したデータを解析する機会を得た。一

方, 文部省国費奨学金により 1987~93 年岡山大学に留学する機会を得て, 岡山でのツマグロの個体群を同じ FARMCOP 法で調査することができた。岡山の研究では水田での萎縮病伝播の重要性から, 調査はイネだけではなく, 休閑期のスズメノテッポウでのツマグロ第一世代の生存にかかる要因も検討した (WIDIARTA et al., 1991, 1992a)。ここでは同じ調査法で行ったインドネシアの台湾と西日本のツマグロの個体群動態の比較と変動要因の解析結果を紹介する。この研究の遂行に当たって多くの方々にご支援, ご指導いただいた。特にインドネシア植物保護局局長 M. SATA W. 博士, 植物保護企画チームリーダー 奈須壯兆博士, 同専門家鈴木芳人博士, 岡山大学農学部中筋房夫教授, 藤崎憲治助教授に深くお礼を申しあげる。

I 台湾とツマグロの個体群動態の違い

台湾, ツマグロ両種の個体群調査法や解析法, 特に世代の区分及び各世代の密度の計算法の詳細は, それぞれ WIDIARTA et al. (1990) と WIDIARTA et al. (1991) に報告した。図-1 に示すように, 両種それぞれの熱帯と温帯水田での密度の世代間変動とピーク時の密度には大きな違いがあることが明らかになった。台湾の密度の世代間変動は様々であるが, 一般にイネの初期しか密度は増加しない。Cook and PERFECT (1989) は, フィリピンでの台湾の密度の世代間変動は三つの型に分けられるとしている。それに対して, 日本のツマグロでは水田侵入後, 密度は世代を追って増加し続ける。本調査でのツマグロの密度の世代間変動は, 久野 (1968) や法橋 (1972) が報告した密度の世代間変動と一致する。一方, ピーク時の密度はツマグロのほうが台湾より約 10~100 倍高く, これは HOKYO et al. (1977) を支持している。

II 両種の個体群動態の違いにかかる要因

1 生物環境

野外ケージ内の実験では, 台湾はインドネシアで栽培されているインディカ感受性品種 IR-22 や中間程度の抵抗性品種 IR-8, 日本で栽培されるジャポニカの感受性品種アケボノでともに 2 世代にわたって増加ができる, 2 世代後の密度はアケボノ上でのツマグロの密度と

* 現 インドネシア農務省作物保護局

Comparative Population Dynamics of Green Leafhoppers, *Nephrotettix virescens* and *N. cincticeps*.
By I Nyoman WIDIARTA

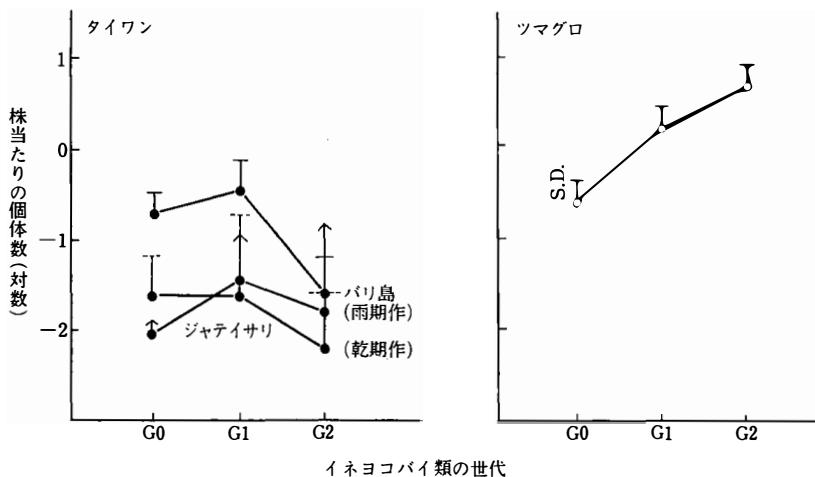


図-1 热帯の台湾と温帯のツマグロ水田内各世代の個体群密度 (WIDIARTA, 1993)

ほぼ同じであった (WIDIARTA et al., 1992b; 池田ら, 1992)。

WIDIARTA et al. (1992b) は、主な捕食者 (クモ類, ケシカタビロアメンボ, カタグロミドリメクラガメ) や競争種と思われるトビイロウンカの密度はヨコバイ類の侵入世代 (G 0) には温帯のほうがやや低いが, G 1 と G 2 世代時には両地域でほぼ同じであることを示した。図-1 にみられるように, G 0 から G 1 にかけての増加率は両種ともほぼ同じであることから、上記に述べた G 0 時の天敵密度の差は両種個体群動態の違いの要因とは考えられない。台湾の最も重要な捕食者といわれている熱帯水田でのクモ類 (HSIEH and DYCK, 1975) が、台湾の密度に対して数的反応を示さないことも知られている (WIDIARTA, 1993)。つまり、クモ類も台湾の密度を強く抑える主役ではなさそうである。

バリ島での台湾個体群の分布型の集中度は、ツマグロの分布型の集中度とほぼ同じであった (WIDIARTA et al., 1990; 法橋, 1972)。平均密度—平均こみ合い度関係から得られる両種の分布型パラメータ α および β を、KUNO (1988) の種内競争の影響を組み込んだ平衡密度の式に当てはめると、台湾とツマグロの平衡密度は理論的にはほぼ同じであると推定された (WIDIARTA, 1993)。しかし、実際に野外の両種の密度は上記のように大きく異なる。これらのことから分布型の違いも両種の個体群動態の違いに関与していないと思われる。

2 非生物環境

イネ上での両種の発生時期の平均気温は熱帯のほうがやや高目である (WIDIARTA, 1993)。異なる温度下での両

種の増殖形質の比較ではやや低温でツマグロが、やや高温で台湾が少し高い増殖率を示すことが知られている (VALLE et al., 1986a, b)。したがって、これらの気温差でも両種の野外の発生の違いを説明できない。さらに台湾を室内 25°C, 16L8D 条件及び熱帯の日長に相当する 12L12D 短日条件下で飼育した場合、両条件下での寿命と雌の産卵数には有意差はなかった (WIDIARTA, 1993)。

3 水田内の滞在期間と産卵数

両種の分散活動性を反映するパラメータとして、水田内の滞在期間や産卵数を雌解剖法 (HOKYO and KIRITANI, 1967) で推定した。その結果、G 1 において台湾の雌の滞在期間はツマグロの雌に比べて短く、かつ、雌当たりの平均産卵数はツマグロの 1/10 であった (WIDIARTA et al., 1992a)。

次に、両種の個体群動態の違いを明らかにするため、G 0 から G 1 世代までの両種の発生経過を以下に比較した。

III G 1 世代の生命表

1 侵入成虫から G 1 卵までの過程

侵入雌成虫のアタマアブによる平均寄生率はツマグロが 3.2% に対して台湾が 2.7% で、ほぼ同じであった。図-2 に、侵入世代成虫密度と G 1 の卵密度の相関関係を示した。この図によると、ツマグロの侵入密度は台湾の侵入密度よりも高いが、両種の侵入密度レベルは基本的には大きく異なる。この図から明らかのように、両種ともに侵入密度が高くなると卵の密度も増加

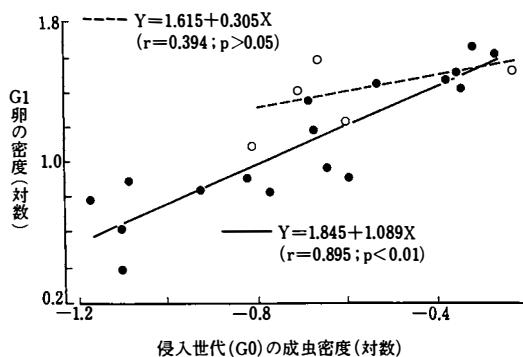


図-2 入世代 (G 0) 成虫密度と G 1 卵の相関関係 (WIDIARTA, 1993). ●: タイワン, ○: ツマグロ

する。つまり、G 1 卵に至るまでの発生過程は両種ともそれほど大きな違いがなく、侵入成虫が多ければ G 1 の卵密度も高くなる。

2 第一世代の卵から成虫までの過程

卵から成虫までの過程を明らかにするために、両種の生命表を作成した (WIDIARTA et al., 1991; WIDIARTA, 1993)。卵の平均寄生率はタイワンが 37.6% に対してツマグロが 20.9% で、タイワンのほうがやや高かった。1 齢幼虫から成虫までの生存率はタイワンが 0.35~20% に対してツマグロが 9~20% で、タイワンの生存率のほうが変動の幅が少しだけ大きいが、基本的な違いはみられない。G 1 の雌成虫の寄生率は、どちらの種でも 10% 程度であった。

卵から成虫までの全死亡に対する各死亡要因の影響を明らかにするために、変動主要因解析法 (PODOLER and ROGER, 1975) を用いて解析した。表-1 に、全死亡と各ステージの死亡を回帰直線でプロットしたときの回帰係数の傾き (b) と相関係数 (r) の値を示した。b の値は両種ともに全死亡 (K) と成虫の移出を含む幼虫の死亡 (Kn) との関係で最も大きな値をとった。このことから、両種とも成虫の移動を含む幼虫期の死亡が変動主要因であることがわかった。

変動主要因に関する死亡の原因を知るために、幼虫死亡と重要な天敵の一つであるクモ類、または非生物的原因の一つである雨量との相関関係を解析した。表-2 に、幼虫死亡とクモ類密度もしくは雨量との相関関係のパラメータ値を示した。熱帯水田では幼虫死亡とクモ類の密度の間には正の相関はほとんど認められなかった。温帯ではクモ類、特にコモリグモの密度と幼虫死亡との間に正の相関が認められたが、これも有意ではなかった。熱帯水田での幼虫死亡と雨量との間にも有意な正の

表-1 PODOLER and ROGER (1975) の KEY-FACTOR 解析法による全死亡 (K) と各ステージの死亡の回帰直線の傾き (b) と相関係数 (r) の値 (WIDIARTA, 1993)

	タイワン		ツマグロ	
	b	r	b	r
K-Ke(卵期死亡)	0.335	0.783	-0.023	-0.132
K-Kn(幼虫死亡)*	0.557	0.874	0.890	0.933
K-Km(雄)	0.097	0.767	0.124	0.657
K-Kp(寄生者による死亡)	0.010	0.545	0.009	0.187

* 成虫の移出を含む幼虫期の死亡。

表-2 変動主要因 (Kn) とクモ類や雨量との相関関係 (WIDIARTA, 1993)

種類	イネ作期	X	Y	a	b	r
タイワン	雨期作 乾期作	コモリグモ類	Kn	0.918	-2.078	-0.599
				0.556	-0.103	-0.037
	雨期作 乾期作	クモ類	Kn	0.789	-0.869	-0.380
				0.690	0.292	0.547
	雨期作 乾期作	雨量	Kn	1.043	-0.001	-0.495
				0.369	0.001	0.308
		コモリグモ類	Kn	1.691	0.962	0.850
				1.125	0.147	0.121

相関は認められなかった。つまり、変動主要因である幼虫死亡の要因として幼虫期に働く直接的な死亡要因はいずれも重要ではないと考えられた。残された要因として、成虫の移出が関与していると推測される。

IV 成虫の消失と飛翔力

変動主要因に大きく関与していると思われる成虫の分散活動性を両ヨコバイで比較するために、雌解剖法 (HOKYO and KIRITANI, 1967) による雌消失率の推定値を比較した (WIDIARTA et al., 1992a)。その結果、主に未成熟成虫の移出による消失率は両種とも羽化成虫の密度が高くなるにしたがって増加するが、タイワンのほうがより低密度でより多く消失することを示した。このことから、熱帯のタイワンと温帯のツマグロの個体群活動の違いに両ヨコバイ種間での分散活動性の違いが関与していると考えられた。

両種の分散活動性の指標として、両種の飛翔力を亩づ

表-3 羽化後5日目のタイワンとツマグロ飛翔能力の比較
(WIDIARTA et al., 1993)

種類	飛翔時間(分)(平均値±S.E.)				Z
	N	雌	N	雄	
タイワン	31	27.4±2.6	34	20.3±2.3	1.977*
ツマグロ	27	15.8±3.1	22	10.4±1.9	0.734
Z	3.024**		2.743**		

*, **は、MANN-WHITHEYのU-testの結果
それぞれ5%水準及び1%水準で有意差あり。

り飛翔法(垣矢・桐谷, 1972)で測定した(WIDIARTA et al., 1993)。予備実験では両種とも羽化後5日目に雌の約90%, 雄のほぼ100%が飛翔行動を示したことから、両種の羽化後5日目の飛翔力を比較した。表-3に、タイワンとツマグロの飛翔時間を雌雄別に示した。雌雄ともにタイワンの飛翔時間のほうがツマグロより約2倍長かった。この結果は、タイワンはツマグロに比べて本質的に分散活動が高いことを示している。

おわりに

以上述べてきたように、タイワンとツマグロの間に発育期間や産卵数などに大きな違いがないにもかかわらず、それぞれの種が生息する地域の水田内の個体群動態にきわめて大きな違いがあることがわかった。さらにそれらの違いをもたらす要因として、それぞれの地域に栽培されているイネの違い、気候、天敵などの外的な生物、非生物的要因は重要ではなく、それぞれの種に内在する分散能力の違いが関与している可能性が強く示唆された。

種が異なる以上、個体群動態も異なって当然であるともいえるが、形態的にも増殖能力においてもきわめて類似したこの2種のヨコバイ類が水田のイネで増殖するとき、片方が他方の100分の1から10分の1の密度にしか増殖できない現象はきわめて奇異に感じられる。しかしながら、この個体群動態の違いが両種の分散性の違いの

みによっているのかどうかは、今後さらに研究されなければならない課題である。

ツングロ病の流行の観点からみると、タイワンの水田内での個体群増殖が低いレベルに抑制されることは幸いであるが、一方、活発な分散活動により流行が広域に拡大される可能性があるという点では好ましくない属性である。媒介虫の分散活動性とウイルス病のエピデミオジーカのかわりも、今後の重要な課題であろう。

引用文献

- 1) CARIÑO, F. O. et al. (1979) : Int. Rice Res. Newslett. 4 : 21~22.
- 2) COOK, A. G. and T. J. PERFECT (1990) : Bull. Entomol. Res. 79 : 437~451.
- 3) FUKUSHI, T. (1934) : J. Fac. Agr. Hokkaido Univ. 37 : 41~164.
- 4) HIBINO, H. and R. C. CABUNAGAN (1986) : Trop. Agr. Res. Ser. 19 : 173~182.
- 5) 平尾重太郎(1991) : 热帯農業研究センター研究資料 : 1~17.
- 6) HOKYO, N. and K. KIRITANI (1967) : Res. Popul. Ecol. 9 : 130~142.
- 7) 法橋信彦(1972) : 九州試験場報告 16 : 284~382.
- 8) HOKYO, N. et al. (1977) : Appl. Entomol. Zool. 12 : 83~85.
- 9) HSIEH, C. Y. and V. A. DYCK (1975) : Plant Prot. Bull. (Taiwan) 17 : 316~352.
- 10) 池田剛ら(1992) : 中国昆虫 6 : 1~6.
- 11) 垣矢直俊・桐谷圭治(1972) : Jap. J. Appl. Entomol. Zool. 16 : 79~86.
- 12) KIRITANI, K. et al. (1970) : Res. Popul. Ecol. 12 : 137~153.
- 13) 久野英二(1968) : 九州試験場報告 14 : 131~246.
- 14) KUNO, E. (1989) : Res. Popul. Ecol. 30 : 69~80.
- 15) PODOLER, H. and D. ROGER (1975) : J. Anim. Ecol. 44 : 85~114.
- 16) VALLE, R. R. et al. (1986a) : Appl. Entomol. Zool. 21 : 313~321.
- 17) _____ et al. (1986b) : ibid. 33 : 572~577.
- 18) WIDIARTA, I. N. et al. (1990) : Res. Popul. Ecol. 32 : 319~328.
- 19) _____ et al. (1991) : ibid. 33 : 257~267.
- 20) _____ et al. (1992a) : JARQ 26 : 115~123.
- 21) _____ et al. (1992b) : Appl. Entomol. Zool. 27 : 541~545.
- 22) _____ et al. (1993) : Res. Popul. Ecol. 35 : 23~29.
- 23) _____ (1993) : Ph. D. Thesis in Okayama University. 184p.
- 24) WILSON, M. R. and M. F. CLARIDGE (1985) : in "The Leafhopper and Planthopper" (eds. NAULT, L. R. and J. R. RODRIGUEZ), 381~404.

縞葉枯病抵抗性イネの分子育種

茨城県農業総合センター生物工学研究所

かわ 河 また 又

ひとし 仁

農林水産省農業生物資源研究所

み の べ 美 濃 部

ゆう ぞう 侑 三

はじめに

イネ縞葉枯病は、主としてヒメトビウンカによって媒介されるウイルス病であり、近年イネの安全多収栽培法の一環として栽培時期が早まるとともに多発を繰り返し、今やいもち病、紋枯病に次ぐ重要な病害となっている。

縞葉枯病の防除法としては、殺虫剤によって媒介虫であるヒメトビウンカを防除する方法とともに、抵抗性品種の利用が挙げられる。中国農業試験場では1962年以後、イネ縞葉枯病に対する実用的抵抗性品種の育成をすすめ、縞葉枯病抵抗性の中間母本として有名なSTNo.1や中国31号等の抵抗性育成系統を次々に生み出し、1972年には中国46号がミネユタカと命名され、大分県で奨励品種に採用された。その後、むさしこがね、星の光、青い空、タマホナミ等の実用品種が育成され、普及している(江塚、1985)。しかし、現在普及に移されている抵抗性品種はほとんどがインド型品種Modanに由来する抵抗性をもち、STNo.1、中国31号を中間母本として育成されたものである。現在までのところ、この抵抗性遺伝子を侵すRSV系統は認められていないが、このように抵抗性の遺伝資源が偏っていると、将来起こるかもしれないウイルスの変異に対して無防備であることが危惧される(江塚、1985)。そのため、現在ある抵抗性遺伝子とは全く異なる遺伝子をもつ品種を探索し、これと実用形質の優れた品種とを交配して、実用形質の優れた抵抗性品種を育成することが必要となってくるであろう。しかし、抵抗性を見いだし、その抵抗性を実用品種に導入するためには、長い年月と膨大な労力を必要とすることは周知のとおりである。

最近このような状況を改善しようと、細胞工学的手法と遺伝子組換え技術を応用して抵抗性の品種を作出する試みが盛んに行われるようになっている。その目指すところは、①従来の交配育種では利用できなかった遺伝資源を利用し、メカニズムの異なる多様な抵抗性を付与する、②抵抗性の遺伝子を直接植物体に導入することに

よって、その植物体が本来備えている特性を変えることなく抵抗性を付与し、短期間に抵抗性品種を作出する、というところにある。

I 遺伝子工学的手法によるウイルス抵抗性育種

ウイルス抵抗性を付与するため植物体に導入された遺伝子としては、多くはウイルスゲノムが用いられている。特に1986年BEACHYらのグループがタバコモザイクウイルス(TMV)の外被タンパク質(CP)遺伝子を導入した形質転換植物を作出し、その植物がTMVに対して抵抗性を持つことを示して以来(Powell et al., 1986), 同様の手法によって多くのウイルス病抵抗性の形質転換植物が作出されている。抵抗性のメカニズムについては干渉効果として説明されているが、その詳細については不明であり、ウイルスの種類によって異なる結果が報告されている(Register III and Beachy, 1989; Powell et al., 1990; Nejidat and Beachy, 1990)。詳しくは難波(1991)の総説を参照されたい。

II RSVの遺伝子解析

RSVのゲノムは4種類の一本鎖RNAとされていたが(TORIYAMA, 1982), SDS-フェノール法によってRNAを抽出すると4種類の一本鎖(ss)RNAと各ssRNAの分子量に対応する長さの二本鎖(ds)RNAが検出され、ハイブリダイズ実験によって各ssRNAとdsRNAの一方の鎖とが相同であることが示唆された(TORIYAMA and WATANABE, 1989; ISHIKAWA et al., 1989)。HAYANOら(1990)は、dsRNAの出現が抽出条件によることや、粒子内に存在する相補鎖の存在量が著しくアンバランスであることから、dsRNAは抽出過程で生じるアーティファクトな産物であることを示唆し、RSVゲノムは前述のTORIYAMAの報告のとおり、4分節の一本鎖RNAであると結論づけた。また、ウイルス粒子中にRNA依存RNAポリメラーゼ活性が認められたことから、RSVはマイナス鎖RNAウイルスである可能性が示唆された(石浜、1985; TORIYAMA, 1986)。

RSVに感染した植物体には外被タンパク質と感染特異タンパク質の二種のタンパク質が検出できる。HAYANO

ら (1990) は、この二つのタンパク質をコードしている遺伝子を特定しようとした。その結果、感染特異タンパク質は第4分節のウイルス鎖に、また、外被タンパク質は第3分節のウイルス相補鎖にコードされていることが明らかとなり、RSV のコーディングストラテジーがアンビセンスである可能性を示唆した。その後、KAKUTANIら (1990, 1991) が第4分節、第3分節のシーケンスを決定し、塩基配列の上からも RSV がアンビセンスであることを明らかにした。Zhu ら (1991, 1992) も、別系統の RSV についてシーケンスを行い同様の結果を得ている。

KAKUTANI らはまた、おののの分節において両末端約 20 塩基の塩基配列が相補的な配列を持つこと、末端の塩基配列が似ていること、アンビセンスであること、塩基配列から予想される外被タンパク質のアミノ酸配列に類似している部分があることなどから、RSV と動物ウイルスである Bunyaviridae の Phlebovirus 属、Uukuvirus 属との類縁関係を示唆した。この Bunyaviridae に属するウイルスは外被タンパク質の外側にエンベロープを持っているが、RSV はエンベロープのないコアの状態、すなわち、幅 8 nm の糸状粒子 (TORIYAMA, 1982) あるいは環状のひも状粒子 (ISHIKAWA et al., 1989) として観察されている。

RSV は TMV に比較して粒子の構造、感染や複製のメカニズム等が複雑であり、抵抗性を獲得する最善のストラテジーとして BEACHY らが TMV で得た知見をそのまま取り込むわけにはいかない。感染特異タンパク質などの非構造タンパク質が病徵発現等に影響していることも考えられるところから、この遺伝子の利用も考慮する価値があったが、今回の実験では、まず CP 遺伝子の導入による抵抗性発現の有無について検討することにした。

III イネプロトプラスト再分化系の確立

目的とする遺伝子を植物体に導入するための方法としては、現在のところアグロバクテリウムを用いる生物的方法とエレクトロポレーションに代表される直接導入法がある。双子葉植物においてはアグロバクテリウム系の開発、改良によって、タバコをはじめ、ペチュニア、トマト、ニンジン、ナタネ、ジャガイモなどで形質転換の成功が報告されている。一方、単子葉植物については、アグロバクテリウムが感染しないため、これを介しての遺伝子導入は困難であることから、プロトプラストへの直接導入法が開発された。ところがイネについては、遺伝子導入に必要なプロトプラストの調製やそこからの再分化に難しい部分があって、なかなか形質転換体を作出

することができなかった。しかし、大槻がいわゆる「うらごし操作」及びプロリン処理によってイネプロトプラストからの再分化効率を飛躍的に上げることに成功し、効率的に形質転換体を作出することが可能になった。今回は、このプロトプラスト再分化系 (大槻, 1990) を用いて RSV の CP 遺伝子を導入した形質転換イネを作出した。

IV 発現ベクターの構築と形質転換体の作出

広近らは、KAKUTANI ら (1991) が明らかにした CP 遺伝子をカリフラワーモザイクウイルスの 35S プロモーター及び選択マーカーとしてのハイグロマイシン耐性遺伝子とともにプラスミドに導入し、効率的な発現ベクター pRSVCH-4 を構築した (図-1)。

大槻らは、この pRSVCH-4 をエレクトロポレーションによって日本晴のプロトプラストに導入し、ハイグロマイシンで選抜後、再分化培地上で植物体を再生させ、多数の稔実個体を得た。個々のコロニー及び再分化植物体への遺伝子導入と形質発現はサザン解析 (図-2), ウエスタン解析 (図-3) によって確認した。その結果、13 系統、143 個体の形質転換イネが得られた。

この段階で得られた形質転換体を形質転換 0 世代

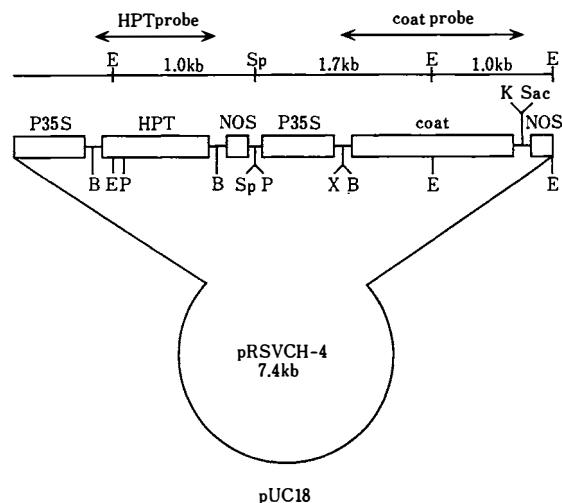


図-1 縞葉枯ウイルス外被タンパク質遺伝子の発現プラスミド

カリフラワーモザイクウイルスの 35S プロモーター (P35S)、ノパリンシンターゼのターミネーター (NOS)、選択マーカー遺伝子としてハイグロマイシン耐性遺伝子 (HPT) を持つ。

サザン解析に用いた HPT プローブと外被タンパク質遺伝子プローブの位置とハイブリダイズする DNA 断片の大きさを示す。

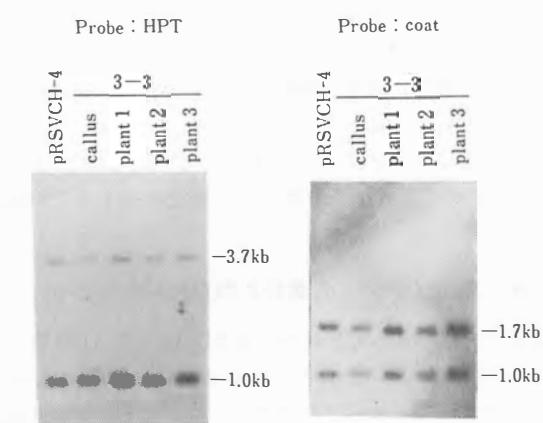


図-2 再生植物体のサザン解析

カルス及び再分化した植物体から DNA を調製し、その約 1 μ g を EcoRI と SphI で切断して電気泳動した。サイズ及びコピー数のマーカーとして EcoRI と SphI で処理した 10 pg の pRSVCH-4 を泳動した。

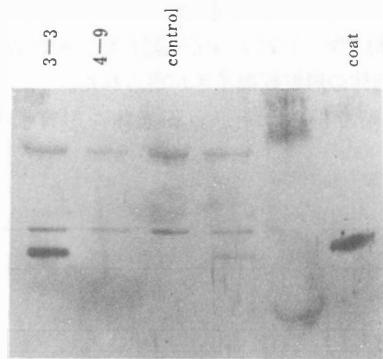


図-3 再生植物体での外被タンパク質の発現

再生植物体葉の粗抽出液を SDS-PAGE によって分画後、外被タンパク質に対する抗体を用いてウェスタンプロッティングを行った。解析に用いたタンパク質は 5 μ g で、コントロールとして 10 ng の精製外被タンパク質を用いた。

(T_0) と呼ぶ。 T_0 世代では、導入した遺伝子は細胞内染色体のどこかの一対の片方に入っている可能性が高い。 T_0 世代の種子を播種、育成した次世代 (T_1) 世代では導入遺伝子について分離が起こり、ウェスタン解析によって RSV-CP の発現を調べると、 T_1 世代の約 2/3 では発現がみとめられたが、残りの約 1/3 では発現が認められなかった。

V 縮葉枯病抵抗性の生物検定

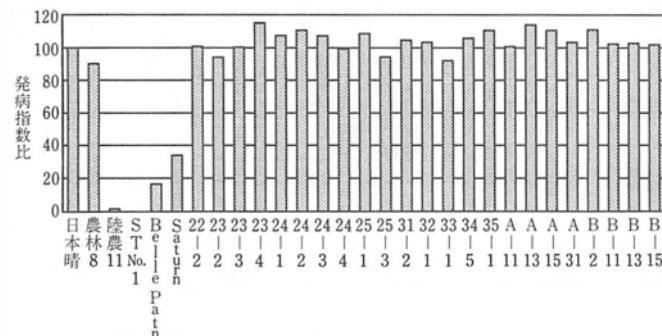
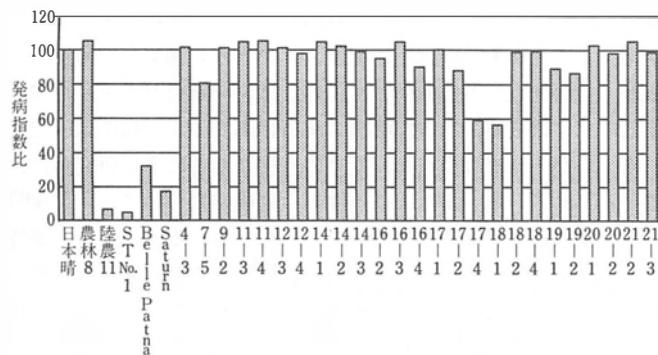
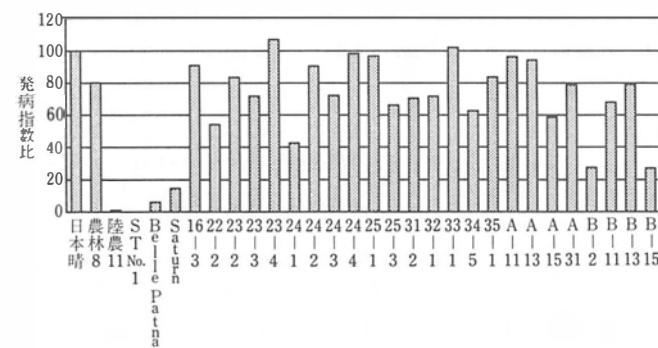
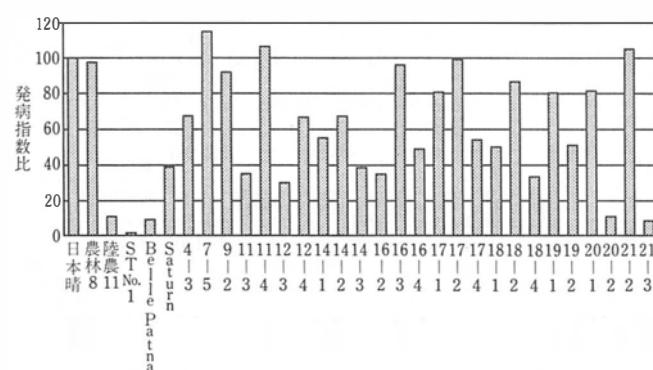
RSV は主としてヒメトビウンカによって媒介され

る。このため、接種は RSV 保毒ヒメトビウンカを用いて行うことになるが、ヒメトビウンカは常に感染能力を発揮するわけではないため、感受性品種でも発病しない株があること、逆に接種の条件をきつくすれば抵抗性品種でも発病する株があることから、一本の苗に接種して抵抗性を判定した場合、抵抗性の判定を誤る可能性がある。また、抵抗性という形質の分離あるいは後代への遺伝の確認が重要であることから、今回は再生後代を供試して、鷲尾ら (1968) が開発した集団強制接種による幼苗検定法によって生物検定を行うこととした。ただし、この幼苗検定法では、ウイルスの接種を苗が 1.5 葉と非常に小さい時期に行うため、接種強度としては非常に強いものとなる。そのため、かなり強い抵抗性が幼苗の時期から発現していないと抵抗性として認められない可能性がある。特に、今回のような CP 遺伝子導入によって発現する抵抗性は、従来の抵抗性の機構と異なる可能性があり、幼苗検定ではその抵抗性を検知することが難しい場合も考えられる。そこで従来の幼苗検定法とともに、4.5~5 葉期に接種を行う中苗検定も併せて行うこととした。検定の手順及び調査項目等については以下のとおりである。なお() 内は中苗検定の条件を示す。

1 系統当たり 35 粒 (25 粒) をシャレーに播種し、1.5~2 葉期に (4.5~5 葉期) まで育成する。アクリル製の接種筒を苗にかぶせ、2 齡の幼虫を苗 1 本当たりおよそ 10~15 (25) 頭程度接種筒内にいれ、26°C の陽光定温器内で 2.5 (4) 日間接種吸汁させる。接種完了後、虫を除去し、苗を移植、温室内で約 30 日間育成後、発病苗率と病徵程度別苗数を調査し、発病指数比を算出して抵抗性を評価した。ここで抵抗性の程度を発病苗率だけでなく病徵型も加味して評価しようとしたのは、強制接種を行った場合には抵抗性の品種であってもかなり高率に発病し、発病苗率だけの調査では抵抗性の強弱の差がはっきりしないこと (鷲尾ら, 1968), 抵抗性のパターンとして、発病苗率を低下させるタイプと病徵を軽くするタイプが存在するのではないかと考えたためである。

供試した形質転換イネは、ウェスタンプロットによって CP の発現が確認された T_2 世代、48 系統である。対照品種には、感受性の品種として日本晴と農林 8 号、中程度抵抗性の品種として Belle Patna と Saturn、抵抗性の品種として、STN0.1 と陸稻農林 11 号を供試した。

抵抗性検定の結果を図-4~6 に示した。図-4 のように、幼苗検定ではほとんどの系統が感受性を示したが、系統番号 17-4 及び 18-1 の 2 系統は中程度の抵抗性を示した。一方、中苗検定では、図-5 に示したように、幼苗検定で中程度の抵抗性を示した 2 系統を含む 15 の系

図-4 T_2 世代におけるイネ縞葉枯病抵抗性幼苗検定結果図-5 T_2 世代におけるイネ縞葉枯病抵抗性中苗検定結果図-6 縞葉枯ウイルス外被タンパク質発現形質転換イネの抵抗性発現
左：日本晴，右：形質転換体

統で中程度ないし高度の抵抗性が認められた。特に、20-2 及び 21-3 は発病指数比が約 10 という値を示した。この値は抵抗性の対照品種である陸稻農林 11 号と同程度の値であった。鷲尾ら (1968) は幼苗検定では中程度の抵抗性でも、圃場レベルでは実用的に抵抗性とみなすことができるとしている。したがって、高度の抵抗性を示した 2 系統はもちろんのこと、中程度の抵抗性を示した系統でも、圃場において実用レベルの抵抗性を持つことが期待されるが、この点については今後の検討を待たなければならない。

おわりに

以上のように、RSV-CP 遺伝子を導入した形質転換イネを作出し、後代 (T_2 世代) において抵抗性を示す系統の存在を確認した (河又ら, 1993)。

しかし、縞葉枯ウイルスについては、その感染機作、複製機構、粒子形態等が複雑であるた

め、今回のようなCP遺伝子による抵抗性の付与が最善の方法であるかということに関しては、検討の余地がある。今後の研究によってその感染メカニズム等が明らかになってくれれば、CP以外の遺伝子を用いて、より効果的な抵抗性を付与することが可能になるかもしれない。新しい側面からの抵抗性付与への取り組みが期待されるところである。

また抵抗性の生物検定についても、抵抗性品種作出の新しいストラテジーに対応したより効率的な方法の検討が必要と思われる。

一方、今回作出したような形質転換植物が通常育種によって育成された品種と同様に受け入れられるためには、まず安全性の評価を行わなければならない。現在行われている組換え体の安全性評価では、閉鎖系、非閉鎖系そして模擬的環境における実験をクリアしてはじめて一般圃場での栽培が可能となる。今回作出した形質転換イネは平成4年度までに閉鎖系、非閉鎖系での実験を終え、平成5年度からは、植物工学研究所が中心となってキヌヒカリを用いて作出した縞葉枯病抵抗性イネ(HAYAKAWA et al., 1992)とともに模擬的環境での栽培実験が行われている。

さらに、これら安全性評価実験とともに、プロモーターの改変による選抜マーカーの除去、導入遺伝子の部位特異的あるいは時期特異的発現制御、導入品種の選定、抵抗性機構の解明、培養変異の影響など様々な研究が形質転換植物の社会的認知のために必要となろう。

なおここで紹介した縞葉枯病抵抗性形質転換イネの作出は、農林水産省におけるプロジェクト研究「バイオテク植物育種」のなかで実施されたものである。ウイルス遺

伝子の単離と解析及び抵抗性の生物検定は農業生物資源研究所遺伝子構造研究室、ベクターの構築は同形質転換研究室、形質転換イネの作出は農業研究センター育種工学研究室、抵抗性機構の解析は同ウイルス病防除研究室がそれぞれ担当し、互いの密接な協力の下に研究が行われている。また、抵抗性の生物検定については、江塚昭典氏に終始貴重な助言をいただいている。さらに中国農業試験場病害研究室、同稻育種研究室からも対照品種の分譲や検定法に関する貴重な助言をいただいた。ここに記して深謝の意を表する。

引用文献

- 1) 江塚昭典 (1985) : 植物防疫 39 (11) : 18~22.
- 2) HAYANO, Y. et al. (1990) : Virology 177 : 372~374.
- 3) HAYAKAWA, T. et al. (1992) : Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89 : 9865~9869.
- 4) 石浜 明 (1985) : 代謝 22 : 1345~1355.
- 5) ISHIKAWA, K. et al. (1989) : J. gen. Virol. 70 : 3465~3468.
- 6) KAKUTANI, T. et al. (1990) : ibid. 71 : 1427~1432.
- 7) _____ et al. (1991) : ibid. 72 : 465~468.
- 8) 河又 仁ら (1993) : 日植病報 59 (3) : 303 (講要).
- 9) 難波成任 (1991) : 植物防疫 45 : 253~261.
- 10) NEJDAT, A. and R. N. BEACHY (1990) : Molecular Plant-Micorbe Interactions 3 : 247~251.
- 11) 大槻義昭 (1990) : 実験マニュアル「イネ・プロトプラスト培養系」, 農林水産技術協会, 東京, 64pp.
- 12) POWELL P. A. et al. (1986) : Science 232 : 738~743.
- 13) _____ et al. (1990) : Virology 175 : 124~130.
- 14) REGISTER III, J. C. and R. N. BEACHY (1989) : ibid. 173 : 656~663.
- 15) TORIYAMA, S. (1982) : J. gen. Virol. 61 : 187~195.
- 16) _____ (1986) : ibid. 67 : 1247~1255.
- 17) _____ and Y. WATANABE (1989) : ibid. 70 : 505~511.
- 18) 鶴尾 養ら (1968) : 中国農試報 A16 : 39~197.
- 19) Zhu, Y. et al. (1991) : J. gen. Virol. 72 : 763~767.
- 20) _____ et al. (1992) : ibid. 73 : 1309~1312.

新しく登録された農薬 (5.7.1~5.7.31)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号(製造業者または輸入業者名)、対象作物: 対象病害虫: 使用時期及び回数など。(…日…回は、収穫何日前何回以内散布の略)(登録番号 18406~18408までの3件、有効登録件数は5931件)

『殺虫剤』

ミルベメクチン乳剤
ミルベメクチン 1.0%
コロマイト乳剤 (5.7.21)

18406 (三共), 18407 (北海三共), 18408 (九州三共)
なす: ハダニ類: 前日 2回, なし: ハダニ類: 7日 2回, いちご(親株床): ハダニ類: 仮植前まで: 2回以内, すいか・もも: ハダニ類: 7日 2回

種子食性貯穀害虫の起源とその伝播

農林水産省農業環境技術研究所

井 村

おさむ 治

はじめに

貯穀害虫は貯蔵食品害虫とも呼ばれ、貯蔵穀物や乾燥食品に経済的、衛生的被害を与える昆虫やダニである。彼らの最も大きな特徴は、乾燥した食物で生育できることであり、一般に食性が広く、その地理的分布も広く、コスモポリタン種が多い。また小型で色彩が地味で、比較的生活史は単純で、飛翔力が退化するなど、屋内（人間）環境に適応している。これらの害虫は、人類が農耕を始めて、貯蔵食糧に依存するようになる前は、専ら野外の寄主を利用して生活していたはずである。実際に野生の植物種子、果実、落葉、朽ち木、鳥・ネズミ・ハチ・クモなどの巣、動物の死骸などから貯穀害虫が発見される（LINSLEY, 1944）。ここでは、これらのうちで特に重要な貯穀害虫である種子食性昆虫由来のコクゾウ類とバクガの起源とその害虫化及び伝播について考えてみたい。

I 貯穀害虫化の段階

現在知られている多くの貯穀害虫も、その貯蔵穀物に依存する度合いから、害虫化の程度を次のようにいくつ

かの段階に分けることができる。①野外で登熟中の穀物種子にだけしか加害できないもの（段階①）。これらの種は貯穀害虫には数えられない。②野外の収穫前の種子に産卵または加害し、種子とともに屋内の貯蔵場所に運び込まれるが、屋内では繁殖を繰り返すことができず、羽化した成虫は屋外へ出ていくもの（段階①）。③②と同様屋外から屋内に持ち込まれるが、貯蔵された穀物だけで繁殖を続けるもの（段階②）。④屋内で貯蔵された穀物だけで繁殖することができるもの（段階③）（②、③、④は内田（1955）による）。コクゾウ類やバクガは害虫化の段階でいえば②～③にあたる。

II 生活様式

種子食性の昆虫でありながら、コクゾウ類とバクガは分類学的には大きな隔たりがある。コクゾウ類は鞘翅目ゾウムシ上科ゾウムシ科、コクゾウムシ亜科に分類され、一方、バクガは鱗翅目キバガ上科キバガ科に分類される。しかし、その生活様式は大変よく似ている（図-1）。コクゾウ類の雌成虫はその長い口吻で種子に穴を開け、卵を一粒ずつ産み込み、分泌物で穴にふたをする。ふ化した幼虫は種子の中を食べて蛹になり、羽化した成

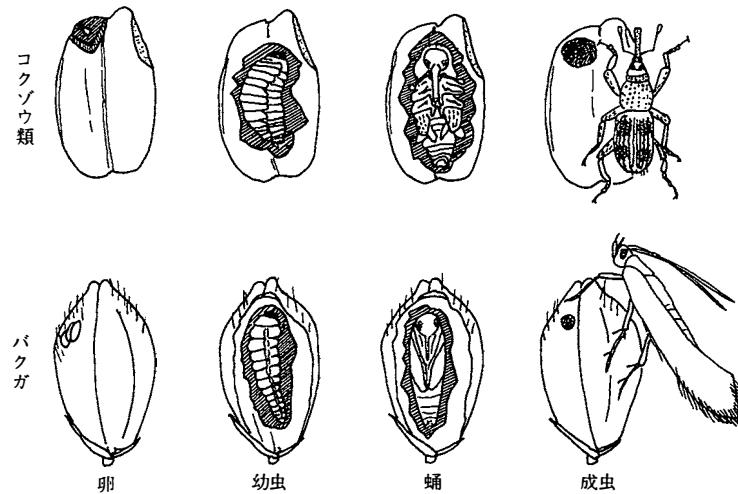


図-1 コクゾウ類とバクガの生活様式

虫は種皮に穴を開けて脱出する。バクガは種子の表面に卵を産み、ふ化した幼虫が種子の中に食い入って、やはり幼虫と蛹時代を種子の中で過ごし、成虫が羽化脱出してくる。種子食性のマメゾウムシ類も同様の生活様式を持っており、この生活様式は種子食に最も適応していることを示している。しかし、成虫時代は両種で異なる。コクゾウ類では餌を食べながら4か月近く生き産卵し続けるが、バクガの成虫は羽化後1~2週間で繁殖を終えて死んでしまう。

III コクゾウ類の起源と伝播

貯蔵穀物を加害するコクゾウ類には、グラナリアコクゾウ (*Sitophilus granarius* (L.)), ココクゾウ (*S. oryzae* (L.)) とコクゾウ (*S. zeamais* MOTSCHULSKY) の3種が知られており(図-2), それぞれの種小名からも直ちに穀物に依存した種であることがわかる。同じ *Sitophilus* 属に属する3種であるが、特にコクゾウとココクゾウは形態がよく似ており、一般にコクゾウのほうが体が小さいが、外部形態から区別することは困難である。このため、この2種は長く同一の種とされてきたが、日本の高橋(1928)が初めて、別の種であることを明らかにしたという歴史がある。また、コクゾウとココクゾウは系統によっては F_1 まで作る(同胞種)関係にあるといわれ(FLOYD and NEWSOM, 1959), 両種の遺伝的距離はグラナリアコクゾウより近い。

しかし、形態や生活様式はよく似ても、これらの3種の生態はそれぞれ異なる(表-1)。コクゾウとココクゾウの生育可能な温・湿度範囲は、グラナリアコクゾウよりやや高く、その分布も熱帯~温帯が中心であるが、ココクゾウのほうが熱帯では優勢である。コクゾウは休眠性があり、ココクゾウより冷涼な地域にまで分布を広げている。食性はいずれも共通しているが、グラナリアコクゾウはムギ類を好む。コクゾウはトウモロコシで生

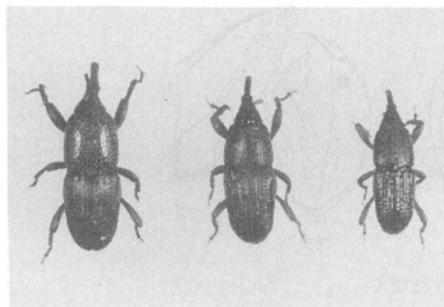


図-2 穀物を加害するコクゾウ類

左からグラナリアコクゾウ、コクゾウ、ココクゾウ。

育がよく、ココクゾウはコムギや米で生育が優る。また、コクゾウは玄米、ココクゾウはもみ米でより被害が大きい。コクゾウは圃場で生育中の穀物種子に飛来し、産卵することが知られており(KIRITANI, 1965), 害虫化の段階では2の状態にある。ココクゾウは系統により、屋内だけで穀物に加害するものから、圃場で穀物に加害するものまでが知られている(段階2~3)。しかし、グラナリアコクゾウは屋外で生活することは知られておらず、貯蔵穀物だけに依存している(段階3)。

図-3に *Sitophilus* 属の野生種の地理的分布を示した。野性種は南及び東アフリカ、インド、アッサム、ミャンマー、アンダマン諸島及びモーリシャスで記録されており、区系地理学では、東洋区とエチオピア区に含まれる。貯穀害虫化した3種もこの地域に分布している。特にインドには、多くの *Sitophilus* 属の種が分布している。バビロフ(1926)の遺伝子中心説に従うと、多様性の中心はインド周辺で、この地域が、*Sitophilus* 属の地理的起源だと考えられる。大陸移動の結果、現在は離れ

表-1 コクゾウ類とバクガの生態的特性

種	生育温度	分 布	食 性 (主要な穀物)	休眠	野外 加害	害虫化の段階
グラナリア コクゾウ	15~ 32°C	温帯	小麦、大麦	なし	なし	3
ココクゾウ	17~ 34°C	熱帯~ 温帯	もみ米、小麦	なし	あり~ なし	2~3
コクゾウ	17~ 34°C	熱帯~ 温帯	トウモロコシ、玄米	あり	あり	2
バクガ	16~ 35°C	熱帯~ 温帯	もみ米、麦類、トウモロコシ、雑穀	あり	あり	2

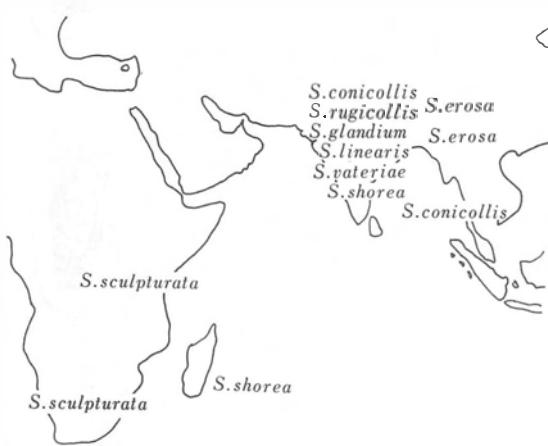


図-3 野生の *Sitophilus* 属の地理的分布

ばなれになっているが、数億年～数千万年前にはこれらの地域はお互いに非常に近い距離にあった（図-4）。

Sitophilus 属の野生種である *S. glandium* や *S. shorea* は、ヒマラヤの麓でブナ科の *Quercus* 属の木のドングリを寄主としており、*S. vateriae* もコーパル木の種子を食する（STEBBING, 1914; MARSHALL 1920）。また、*S. linearis*（タマリンドオサゾウ）はタマリンドの実（食用にされる）の害虫として知られ、貯穀害虫として数えられることもある（COTTON, 1920b）。貯穀害虫であるコクゾウも、南アフリカで野外で採集したドングリを加害していたという報告がある（Joubert, 1966）。実際にコクゾウやココクゾウは、室内でブナ科のシラカシ、ウバメガシやクヌギのドングリで良好に生育することができ（井村、未発表）、グラナリアコクゾウもドングリで生育できることが報告されている（HOWE, 1965）。これらの事実から、コクゾウ類はその原産地ではドングリや他の野生植物の種子などを寄主として生活していたと考えられる。

ではこうした野外生活をしていたコクゾウ類がいつごろから屋内に入り込んで貯穀害虫化したのであろうか。硬い外骨格を持つコクゾウ類は保存性がよいため、各地の古代遺跡から埋蔵穀物とともに発掘されている（表-2）。最も古い記録は、約4,500年前のエジプトのピラミッド（BC2,600年ごろ）から発見されたグラナリアコクゾウである（HOWE, 1972）。同じ種がエジプト、エーゲ海やイスラエルの紀元前の遺跡から発掘されている。この時代にはこれらの地域で既に大規模な穀物貯蔵が行われており（LEVINSON and LEVINSON, 1985），本種は既に貯穀害虫としての地位を十分に確立していたと考えられる。紀元になるとまず、イタリアの有名なベスピオ火山の

噴火で埋まったエルコラノ遺跡から発掘され（DAL MONTE, 1956），その後も本種はヨーロッパの各地で、ローマ帝国の進駐軍の遺跡から次々と発見されている（BUCKLAND, 1981）。一方コクゾウは、中国湖南省の王墓（BC100年ごろ）からオムギとともに発見された（朱・王, 1975）のが唯一の記録である。

これらの事実から、WEIDNER（1983）は、ヒマラヤの麓で貯穀害虫化したコクゾウ類が起源したと考えている（図-5）。コクゾウ類の起源種は、この地域で農耕が始まるずっと前から、食用のために採集されたドングリなどの野生の種子とともに頻繁に人間の住居内に持ち込まれていたのではないかと思われる。日本でも、縄文遺跡から貯蔵食糧としてドングリが多数見つかっている（佐々木, 1971）。こうして屋内に持ち込まれたコクゾウ類が、

表-2 古代遺跡から発掘されたグラナリアコクゾウとココクゾウ

遺跡	年代	穀物	文献
グラナリアコクゾウ			
エジプト イケチス王女のピラミッド	2,600 B.C.		1)
エジプト 第六王朝のピラミッド	2,300 B.C.	大麦	2)
ギリシア サントリニ	1,500 B.C.	大麦	3)
イスラエル テルアラド	900～700 B.C.	小麦	4)
イタリア エルコラノ	79 A.D.		5)
イギリス ロンドン	0～100 A.D.		6)
イギリス ヨーク	0～100 A.D.		6)
イギリス ワーウィックシャー	100～200 A.D.		6)
ドイツ ニーダーハイム	300～400 A.D.		6)
ココクゾウ			
中国 湖南省長沙馬王堆一号墓	100 B.C.	大麦	7)

1) HOWE(1972), 2) SOLOMON(1965), 3) PANAGIOTAKOPULU and BUCKLAND(1991), 4) HOPE and ZACHARIAE(1971), 5) DAL MONTE(1956), 6) BUCKLAND(1981), 7) 朱・王(1975)

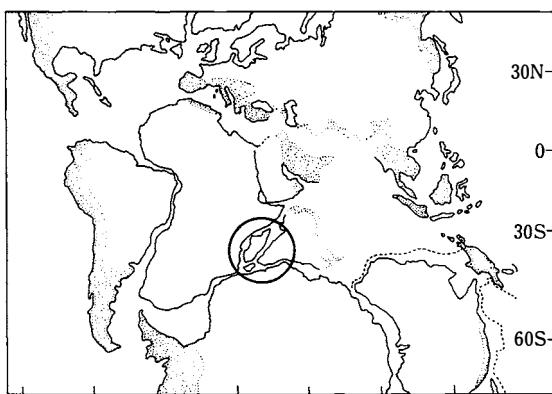


図-4 白亜紀前期の大陸の位置

○は野生の *Sitophilus* 属の現在の分布地域を示す。

浅田（1974）より作成。

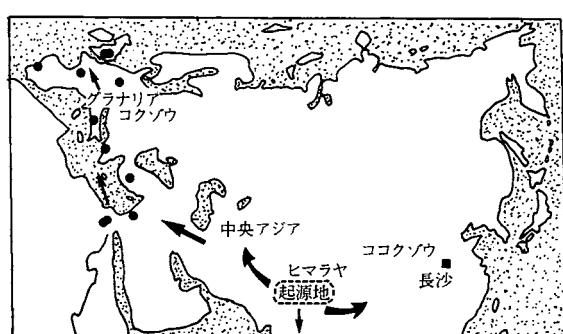


図-5 コクゾウ類の地理的起源と伝播

●はグラナリアコクゾウが、■はココクゾウが発掘された遺跡。
WEIDNER (1983) より描く。

その後農耕の開始とともに栽培化され、同じ屋内に貯蔵されるようになったイネ科の種子に自然に移行して害虫化したとしても、そこには大きな障壁はなかったはずである。YOSHIDA (1984) は、グラナリアコクゾウがこうした過程を経て害虫化したと推測している。WEIDNER (1983) は、グラナリアコクゾウは、中央アジアで栽培化され始めたムギ類を寄主として貯穀害虫化したと考えている。その後グラナリアコクゾウは、ムギ類の伝播とともに西進し、(遺跡の証拠から) メソポタミア、エジプト、ギリシア、ローマと文明の中心地へ広がっていった。グラナリアコクゾウは、さらにローマ帝国の拡大とともにローマ軍の食糧とともに広く中西部ヨーロッパに運ばれ、やがて全ヨーロッパに分布するようになったと推測される(図-5)。現在、グラナリアコクゾウはヨーロッパの冷涼な気候に適応し、この地域での最も重要な貯穀害虫の一種となっている。

ココクゾウは、前述のように中国の湖南省の馬王の墓(BC100)から発掘されている。しかし、ココクゾウは、グラナリアコクゾウとは異なり、ヒマラヤより西方の古い遺跡からは全く発見されていない。ココクゾウは、rice weevilと呼ばれるように、米の害虫としてよく知られている。吉田(1987)は、ココクゾウはヒマラヤから揚子江流域にかけての東亜半月弧(山上ら, 1976)で米を寄主として害虫化したと推測している。またCOTTON (1920a)は、インドが本種の原産地と考えている。いずれにしてもココクゾウが高温、多湿に適応していることから、南アジアで害虫化した可能性が高い。WEIDNER (1983)は、ココクゾウの西方への伝播は、稻作がアレキサンダー大王の遠征により西方に伝えられ、その後、米とともにこれらの地域へ広がったと考えている。ココクゾウはエジプトやモロッコなど北アフリカではグラナリアコクゾウより重要な害虫となっている。またココクゾウは、1763年にLINNEが南米スリナム地方の米から記載しており、この当時、既に世界各地に伝播していたと考えられる。

コクゾウについては、古代遺跡からの記録は現在までない。コクゾウの原産地は東洋と考えられており(KUSCHEL, 1961), 高橋(1926)はその生育条件から、本種は温帯起源であると結論している。前述のようにコクゾウとココクゾウは形態的に似ており、 F_1 を作る系統もあることから、両種の分化した時期はこれらがグラナリアコクゾウと分化したよりは新しい年代であろうと考えられる。吉田(1987)は、ココクゾウをコクゾウより初原型としている。しかし、コクゾウは優れた飛しょう力と休眠性を持ち、野外で穀物を加害するが(害虫化の段階

2), ココクゾウは完全に飛しょう能力を失った系統(段階3)もあり、コクゾウのほうがより貯蔵環境への適応が進んでいる。桐谷(1966)は、体のわい小化は貯穀害虫としての重要な適応条件であると述べている(ココクゾウはコクゾウより一般に小型)。コクゾウは1855年南米ギアナからのトウモロコシの中から, MOTSCHULSKYにより発見され記載された。新大陸ではコクゾウはトウモロコシの最も重要な害虫である。これらの3種のコクゾウ類は、現在では交易により世界中に運ばれ、コスモポリタン種となっている。

表-3は、世界各地のココクゾウの体長と飛しょう能力を示している(桐谷, 1966)。Sitophilus属の起源地に近いネパールの系統は体が大きくよく飛しょうするが、台湾や日本の系統は小型化し、飛しょう力を失い貯穀害虫への適応化が進んでいる。コクゾウ類はヒマラヤの麓に起源を発してユーラシア大陸の西の端であるヨーロッパでグラナリアコクゾウが、また東の端の東アジアでココクゾウが害虫化を完成させたのではないかと考えられる。

IV バクガの起源と伝播

バクガ(Sitotroga cerealella OLIVIER)もまた、その種名が示すとおり、コクゾウ類と並ぶ貯蔵穀物の大害虫として知られている。このガは熱帯から温帯に広く分布するコスモポリタン種である。バクガは糞、ムギ類、トウモロコシ及びソルガム等の雑穀類をひどく加害する。また、圃場で穀物が登熟する時期に成虫が飛来・産卵し、圃場で加害が始まり、害虫化の段階は2に相当する(表-1)。コクゾウ類と異なり、この害虫が世界各地に広がったのは、歴史的にはずっと新しい時代である。そしてその伝播は、大変急速なものであった。

1700年代の初頭にフランス中西部のアングムア地方で、バクガがオオムギに寄生しているのが見つかった。間もなく近隣の地域に広がって大流行が起り、コムギがひどく食害された(SIMMONS and ELLINGTON, 1932)。

北米では1728年に東海岸のノースカロライナで初め

表-3 ココクゾウの平均体長と飛しょう力の地理的
変異

产地	体長 (mm)	飛しょう率(%)	
		雄	雌
ネパール	2.88	64.1	55.3
オーストラリア	2.43	42.6	35.1
台湾	2.33	0.4	0.4
日本	2.26	0.1	0.2

桐谷(1966)より作成

てバクガがコムギを加害しているのが発見され、続いて1769年にメリーランドでその発生が報告されている(BACK, 1922)。これはアメリカの植民地化とともにコムギやオオムギがヨーロッパからの移民により持ち込まれた時期と一致している。その後、西部開拓に伴って、1775年までにバージニア、デラウェア、ニュージャージーあたりに広がり、1800年ごろまでにケンタッキーーやオハイオ、インディアナの南部に達した(図-6)。そして北米大陸侵入後約200年(1902年)を経て、遂にカリフォルニアに達した。また、本種は世界的な交易の発達により、1932年までに、わかっているだけでもすべての大間に伝播してしまった(SIMMONS and ELLINGTON, 1932)(図-7)。

それでは、バクガの地理的起源はどこであろうか。バクガはコクゾウ類とは異なり硬い外骨格を持たないた

め、古代の遺跡からは発見されていない。Joubert(1966)は、バクガが南アフリカの人里離れた土地で土着のイネ科の植物の種子を加害していることから、アフリカがバクガの地理的起源であろうと推測している。また、ヨーロッパによるアフリカの植民地化とフランスでのバクガの発見の時期が一致しているため、アフリカからヨーロッパへ持ち込まれたものであろうと考えている。

中国の古文書である『述異記』に、「晋永嘉中=梁州雨フルコト七旬 麦化シテ飛蛾為ル」という記述がみられる。前述のバクガの生活様式から推測されるように、「麦が食われて蛾に変わってしまう」とする記述は、バクガの加害を表していることにほぼ間違いない。年代は年号(晋の永嘉)から紀元307~313年ごろである。周(1980)も「中国昆虫学史」の中で、同じ文献から紀元301~302年にバクガが大発生したことを年表にしている。また、東晋時代の怪奇小説『搜神記』(作者干宝、4世紀前期)にも、「麦之為小蝴蝶・・・農夫止麦之化者 潛之以灰」とあり、バクガの被害を食い止めるための農民の防除法が書かれている。6世紀中期の湖北・湖南省地方の年中行事を記録した『荊楚歲時記』(作者晋宗懐)にも同様の記述がみられる。これらの記述から、中国では古くからバクガが重要な貯穀害虫であったことがわかる。

Sitotroga 属は、バクガと *S. nea* (地中海のシシリ島に分布する野生種) の2種のみが知られており(BALACHOWSKY, 1966), *Sitotroga* 属の野生種の分布から、その起源地を推定することは困難である。しかし、これ

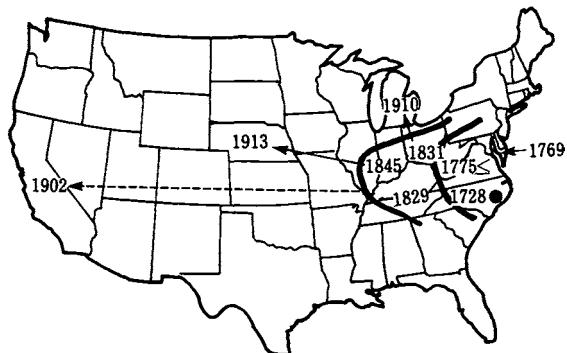


図-6 アメリカ合衆国におけるバクガの伝播
●は侵入地、数字は発見された年。

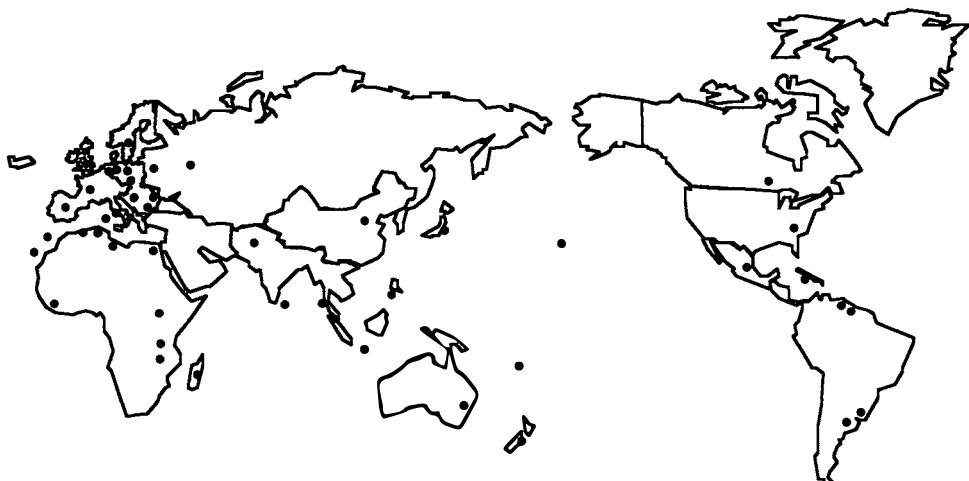


図-7 1932年までのバクガの世界的な分布
●は分布する国または地域を表す。

まで述べたバクガの過去の発生の記録やその生態からみると、バクガの起源は JOUBERT (1966) のいうアフリカではなく、アジアの熱帯または亜熱帯地域であろうと推測される。また、バクガは、コクゾウ類が利用できない小粒の雑穀類でも生育でき、産卵の基質として粗い表面の外皮を必要とすることから、野生のイネ科などの植物の種子を寄主としていたと考えられる。バクガはこの地域でのイネ、アワ、ヒエなどの栽培化に伴って害虫化したのであろう。吉田 (1985) は、バクガは中国からシルクロードを経てヨーロッパに伝播したと考えている。しかし、ヨーロッパへの侵入時期が、新航路が次々開拓される大航海時代に当たるため、バクガは船員の食糧とともに海路から、ヨーロッパやアフリカへ持ち込まれた可能性が高い。フランスのアングムア地方でバクガが発見された当時、遠く離れた港町ラ・ロシェルでもバクガがみられ、ここがヨーロッパへの侵入地と考えられる (SIMMONS and ELLINGTON, 1932)。その後のわずか 200 年余りの間の急速なバクガの世界的伝播は、前述の交易の発達によるものである。

おわりに

同じ種子食性の害虫でありながら、コクゾウ類とバクガの伝播には、大きな年代的隔たりがあった。その理由は明らかではないが、その地理的起源や野外で寄主としていた植物の違いなどが考えられる。

その後も東南アジア原産のツヅリガ (*Paralipsa gularis*) (SMITH, 1956)、インド原産のヒメアカカツオブシムシ (*Trogoderma granarium*)、地中海地域原産のスジコナマダラメイガ (*Ephestia kuhniella*)、中南米原産のインゲンマメゾウムシ (*Acanthoscelides obtectus*) などの貯穀害虫が世界的な分布拡大を遂げた (桐谷, 1968)。また、近年にも中米原産のオオコナガシンクイ (*Prostephanus truncatus*) がアフリカに侵入し、アメリカ南西部の砂漠地帯に生息していた *Cynaeus angustus* (the larger black flour beetle) が北米大陸で分布を拡大している (井村, 1989)。

貯穀害虫は広食性であり、貯蔵穀物の環境はいずれの

地域でもおおむね類似しているため、機会さえあれば、極所的な分布の種でも新たな地域へ伝播することは容易である。我が国でみられる多くの貯穀害虫もそのほとんどが過去に穀物などとともに伝播したものである。特にコクゾウ類やバクガが比較的早い年代に地理的に広い地域に伝播したのは、その起源地が旧大陸であったことと、種子食のスペシャリストであったためと考えられる。

本文を書くにあたり、その機会を与えて下さった京都大学阪本寧男教授、また多くの協力と助言をいただいた安江安宣博士に深謝いたします。

引用文献

- 1) BACK, E. A. (1922) : USDA Farmers' Bull. 1156 : 1~20.
- 2) BALACHOWSKY, A. S. (1966) : Entomologie Appliquée à l'Agriculture, Vol. 2, Masson, Paris.
- 3) BUCKLAND, P. C. (1981) : J. stored Prod. Res. 17 : 1~12.
- 4) DAL MONTE, G. (1956) : Redia 41 : 23~27.
- 5) HOPE, M. and G. ZACHARIAE (1971) : Israel Explor. J. 21 : 60~64.
- 6) HOWE, R. W. (1972) : In Seed Biology (T. T. KOZLOWSKI ed.), Academic Press, pp.247~299.
- 7) JOUBERT, P. C. (1966) : J. stored Prod. Res. 2 : 159~161.
- 8) 井村 治 (1989) : 植物防疫 43 : 493~497.
- 9) 桐谷圭治 (1966) : ミチューリン生物学研究 2 : 224~235.
- 10) 桐谷圭治 (1968) : 植物防疫 22 : 204~209.
- 11) KUSCHELL, G. (1961) : Ann. Mag. Nat. Hist. ser.13 4 : 241~244.
- 12) LEVINSON, H. Z. and A. R. LEVINSON (1985) : Z. ang. Ent. 100 : 321~339.
- 13) MARSHALL, A. K. (1940) : Bull. Ent. Res. 31 : 123~125.
- 14) PANAGIOTAKOPULU, E. and P. C. BUCKLAND (1991) : J. stored Prod. Res. 27 : 179~184.
- 15) SIMMONS, P. S. and G. W. ELLINGTON (1932) : Ann. Entomol. Soc. Am. 25 : 265~281.
- 16) SOLOMON, M. E. (1965) : J. stored Prod. Res. 1 : 105~107.
- 17) STEBBING, E. P. (1914) : Indian Forest Insects of Economic Importance, Eyre and Spottiswoode Ltd.
- 18) WEIDNER, H. (1983) : Mitt. Int. Ent. Vereis 8 : 1~17.
- 19) YOSHIDA, T. (1986) : Proc. 6th Int. Biodet. Symp. pp.660~663.
- 20) 朱弘・王林 (1975) : 昆虫学報 18 : 333~337.

薬剤と袋掛けの組み合わせによるナシ胴枯病及びセイヨウナシ尻腐病の防除

岡山県立農業試験場 な 那 す ひで お
須 英 夫

はじめに

TANAKA and ENDO (1930) は *Phomopsis fukushii* によるナシ胴枯病を記載し、本病が枝幹に発生するとしているが、果実の発病は報告していない。その後、野口・田中 (1980) は、福岡県内の新水、幸水に、また梅本・村田 (1985) は千葉県の幸水に腐敗果実の発生を認め、ともに *Phomopsis* 属菌によると推測した。一方、鎌方 (1927) は *Phomopsis* sp. によるセイヨウナシ尻腐病を記載し、本菌は果実を腐敗させるだけではなく、枝に潰瘍を生じたり、枯らすとしているが、本病についてその後の報告はない。

岡山県の1992年のナシ栽培面積は150haとわずかではあるが、本県の特産ナシとして、チュウゴクナシの鴨梨、萊陽慈梨及びニホンナシの愛宕がある。1983年10~11月には、これらの果実が収穫時や追熟中に多数腐敗する障害が発生した。本症状は以前から発生していたが、その原因は不明であったので、筆者ら (1987) は1983~86年の4か年にわたって原因究明を行い、ナシの果実腐敗はナシ胴枯病菌 *Phomopsis fukushii* によること、セイヨウナシ尻腐病もナシ胴枯病菌によって起こることを明らかにした。そこで、これまでの経過及び本病の対策について試験した結果を紹介する。

I 発病果実の症状

1983年10~11月に鴨梨、萊陽慈梨、愛宕の腐敗果実、さらに、1985、86年8月に、岡山県立農業試験場にあるセイヨウナシ (品種: バートレット) の腐敗果実を調査したところ、2種類の症状が認められた。すなわち、萊陽慈梨 (図-1)、バートレットでは尻腐れ症状を呈した。両果実とも、初め、ていあ部付近を中心にして、淡褐色の斑点ができ、しだいに拡大した。激しくなると、病斑はていあ部の全面に達し、白いビロード状の菌糸で覆われ、黒色の小粒 (柄子殻) が多数形成される場合があった。鴨梨、愛宕 (図-2) では心腐れ症状を呈した。初め、果心部から褐変し、しだいに果肉部へ拡大した。こ

の時期に果実を軽く押えると、ていあ部から果汁が出ることがある。さらに、激しくなると果実表面に達して軟化腐敗するが、果実表面には菌糸、柄子殻は認められなかつた。この年以後、果実腐敗の発生は比較的少なかつたが、鴨梨、愛宕、二十世紀は心腐れ症状、萊陽慈梨、新高、新星、晩三吉は尻腐れ症状となり、1983年の場合と同様であった。なお、新高の場合は心腐れ症状になる場合もあった。

このように、果実腐敗の症状が品種によって異なり、二つに大別されるのは、図-3に示すように、尻腐れ症状となる萊陽慈梨、バートレットなどではタイプAのように、ていあ部のくぼみが浅いかほどなく、花柱などと果心部が直結していない。しかし、心腐れ症状となる鴨梨、愛宕などではタイプBのように、ていあ部のくぼみが深く、花柱と果心部が直結している。このように、果実の形態の違いが、異なる症状を引き起こすものと判断された。

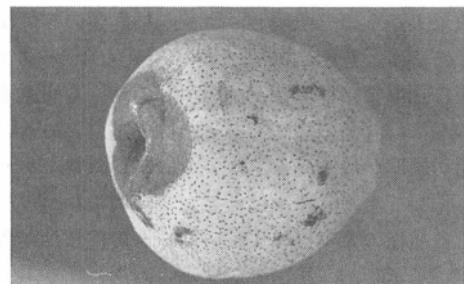


図-1 ナシの尻腐れ症状 (品種: 萊陽慈梨)

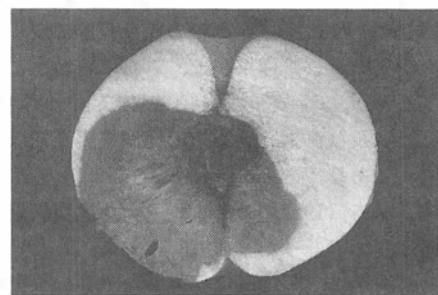


図-2 ナシの心腐れ症状 (品種: 愛宕)

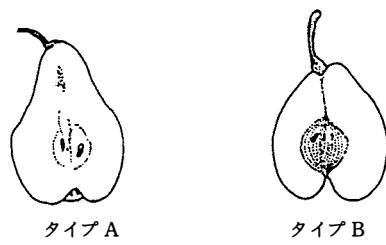


図-3 ナシ果実の形態比較

II ナシ腐敗果実からの分離菌

パートレットの自然発病果実には *Phomopsis* 属菌の柄子殻、分生子が多数認められたが、鴨梨、愛宕、萊陽慈梨などの腐敗果実からも *Phomopsis* 属菌が高率に分離された。分離された *Phomopsis* 属菌は PSA 培地上では菌叢が白色綿毛状、やや毛羽立っており、光照射条件下で通常、培地が赤紫色を呈する菌株と、気中菌糸は少なく、培地が灰～緑褐色を呈する菌株に大別された。しかし、前者の菌株が大部分であり、後者はわずかに分離されただけであった。これらの *Phomopsis* 属菌株は、工藤・田中 (1984) の分類した弱病原性菌株及び強病原性菌株のそれに相当すると考えられ、「作物病害辞典」によれば、これらの完全時代はそれぞれ *Diaporthe medusaea*, *D. eres* とされている。

腐敗果実からの分離菌と、ナシ胴枯病菌の 5 菌株を供試して、幸水、豊水、鴨梨、萊陽慈梨及びラ・フランスの幼果に圃場で接種すると、いずれの菌株も病原性が認められ、ほぼ同様の傾向であった。供試果実のうち、幸水は発病果率が最も高く、次いで、萊陽慈梨、ラ・フランス、鴨梨であり、豊水はほとんど発病しなかった。発病した各品種の果実はいずれの菌株を接種した場合も同様の症状を示した。果実の形態からみると、ラ・フランスはパートレットと同じタイプ A、幸水は愛宕と同じタイプ B であり、これらの果実腐敗の症状の違いはナシ果実の形態の違いとよく一致していた。また、いずれの菌株もニホンナシやセイヨウナシの枝を有傷で侵した。

自然発病果実及び接種果実上、さらに培地上に形成された柄子殻や α , β 孢子の大きさをみると、萊陽慈梨、パートレット及びラ・フランスの発病果実上ではいずれもほぼ同じであり、TANAKA and ENDO (1930) のナシ胴枯病罹病枝、鎌方 (1927) のセイヨウナシ尻腐病果実上のものとほぼ同じであった。

以上の結果から、岡山県に発生したナシの果実腐敗はナシ胴枯病の一症状で、*Phomopsis fukushii* に起因する

ことが判明し、セイヨウナシ尻腐病菌も同じ病原菌によることがわかった。また、圃場での発生状況から、発病しやすい果実品種は、幸水、萊陽慈梨、ラ・フランスなどのセイヨウナシ、次いで、愛宕、鴨梨、新高と判断された。新水は野口・田中 (1980) から判断すると、幸水と同じく発病しやすい品種と考えられる。

ナシの果実腐敗を起こす病害には、本病以外に輪紋病、炭そ病、灰星病、ばら色かび病などが知られている。しかし、いずれの病害も心腐れの症状はないので、心腐れを生じている果実は本病と判断できる。また尻腐れの果実は本病の可能性が高いが、果実の側面にも病斑があると輪紋病が混発していることもあるので、黒色の小粒内の分生子か菌の分離によって、本病か否かを判断する。

III 防除

ナシの果実腐敗が胴枯病によることがわかったので、樹上に越冬している本病菌の分生子の飛散を封じ込めるために、萊陽慈梨とパートレットを供試して、塗布剤 4 倍液 (炭酸カルシウムを含むポリマーに無機銅 3 % 含有) をそれぞれ 2, 4 年間連用して、発芽前の枝幹に洗車ブラシで処理した。しかし、この処理法では十分な効果が認められず、また、処理するのがかなり困難であった。

渡辺 (1991) は、ナシ胴枯病菌の分生子の飛散は 3 月下旬～8 月下旬で、噴出の最盛期は 4 ～ 5 月、主な感染時期は 4 月上旬～6 月上旬であると報告している。

筆者らの試験では、5 月中旬～6 月中旬に幼果へ本病菌を接種すると収穫期の果実が発病した。さらに、接種した果実のうち、未発病果のていあ部からも *Phomopsis* 属菌が高率に分離された。

以上のことから、本病菌は果実のていあ部の花柱付近から侵入・感染して、収穫期の果実を発病させ、さらに、潜伏している菌によって追熟中の果実が腐敗するものと判断され、袋掛け前までの幼果期が本病の主な感染時期と考えられた。

1 セイヨウナシ尻腐病に対する袋掛けと薬剤との組み合わせによる効果

農試場内のナシ圃場で、尻腐病が多発しているセイヨウナシ (パートレット) 1 樹を供試して、1990 年 5 月 7 日、5 月 21 日、6 月 6 日の時期別 (1 区約 60 個) に、キャプタン・有機銅水和剤 500 倍液 (新リノー 5,000 倍加用) をハンドスプレーで幼果のていあ部に散布した区と無散布区を設けて、それぞれ小袋掛けをした。6 月 13 日には大袋掛けを行ったが、薬剤散布区は設けなかっ

た。7月20日～9月1日に落下した果実、9月3日に収穫した果実、9月13日に追熟させた果実について発病の有無を調べた。

その結果は図-4に示すように、袋掛け時期による発病抑制は認められなかつたが、袋掛け前に薬剤散布をすると、発病が少ない傾向であった。この傾向は1989年の試験結果でも同様であった。

2 ナシ胴枯病に対する薬剤の効果及び袋掛けと薬剤の組み合わせによる効果

本病の発生圃場で1991年5月10日に、3薬剤（新リノ-5,000倍加用）を供試して、ハンドスプレーでナシ幼果（萊陽慈梨）に散布した後、直ちに小袋掛けを行つた。大袋掛けは6月中旬に行つた。試験区による発病のフレをできるだけ少なくするために、各樹とも4区に分けて、5反復とした。調査は10月29日に収穫した果実について、発病の有無を調べた。

結果は図-5に示すように、3種類の薬剤の中では、マンゼブ水和剤の効果が高く、次いで有機銅水和剤で、キャプタン・ベノミル水和剤の効果はやや劣つた。

次に、小袋掛け前の薬剤散布による効果及び小袋掛け時期を検討した。同圃場の萊陽慈梨1樹を供試して、イミノクタジン酢酸塩・チウラム水和剤1,000倍液（新リノ-5,000倍加用）を、5月1日、5月17日の2回、ハンドスプレーで幼果のていあ部に散布した後、直ちに小袋を掛けた。1区1/4樹として、反復なしで行った。調査は9月25日に落下した果実、10月22日に収穫した果実、10月31日に追熟した果実について、発病の有無を調べた。

結果は図-6に示すように、袋掛け時期が早いほど効果

が高く、さらに袋掛けと薬剤散布との組み合わせの効果が認められた。1991年には有機銅水和剤で試験したが、同様な結果が得られた。

そこで、さらに効果を上げるために、二十世紀の黒斑病の耕種的防除対策の一つとして行われている雌しべの残渣除去と薬剤散布を組み合わせて試験したが、残渣除去の効果は認められなかつた。

以上の結果から、袋掛けと薬剤との組み合わせの効果はナシ胴枯病には認められたが、セイヨウナシ尻腐病には認められなかつた。尻腐病に効果が劣つたのは病原菌の密度が高かつたことと、生理的な尻腐れの発生によるものと考えられる。また、雌しべの残渣処理の効果がなかつたことから、残渣処理はしなくともよいと判断されるが、処理の際用いるピンセットによる傷の影響も考えられるので、さらに検討を要する。

おわりに

本病が多発した1983年に現地調査すると、萊陽慈梨の

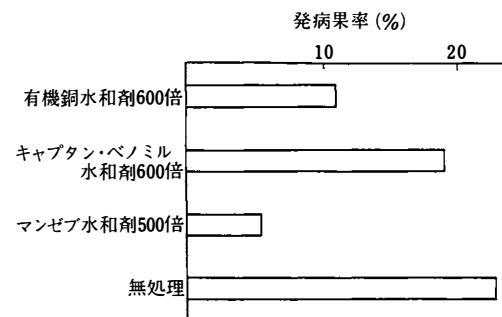


図-5 ナシ胴枯病（果実腐敗）に対する薬剤の防除効果（1991）（品種：萊陽慈梨）

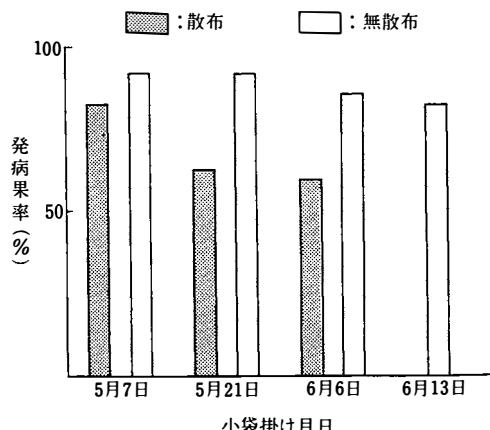


図-4 セイヨウナシ尻腐病に対する小袋掛け時期と薬剤との組み合わせ効果（1990）（品種：バートレット）

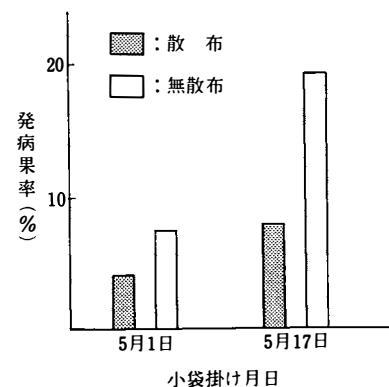


図-6 ナシ胴枯病（果実腐敗）に対する小袋掛けと薬剤との組み合わせ効果（1990）（品種：萊陽慈梨）

収穫した果実の50%以上が腐敗しており、既に落下して圃場に捨てたものを含めると、発病果率はかなり高くなるものと推測された。聞き取り調査では、萊陽慈梨の果実腐敗は1978~84年までは中~多発であったが、1985年以降は少発となった。この要因として次のことが考えられる。すなわち、1984年に果実腐敗の原因及び菌の感染時期が明らかになったことから、それまで6月上旬に袋掛けをしていたのを、1985年以降は二十世紀と同様に5月上旬に小袋掛けし、6~7月に大袋掛けを行い、小袋掛け前の幼果に薬液をていねいに散布するようにした。なお、本圃場における殺菌剤の散布回数は1984年以前及び以後とも年間10回程度で差はなく、また、薬剤の種類では1982年以降EBI剤が使用され始めた。しかし、1983、84年に本病が多発していることから、散布回数の違いやEBI剤の使用によって本病が少発となったとは考えられなかった。

この聞き取りの調査結果は、袋掛けを早く行い、その

直前に薬剤散布を組み合わせて処理すると本病に効果が高かったという本試験の結果と一致するものであった。以後、本県では愛宕など本病の発生しやすい他の品種についても、一段と小袋掛けが普及している。しかし、本病の防除には従来からいわれているように、剪定切り口や病患部への薬剤塗布、枯れ枝の除去、窒素過多による過効力を避けるなどの基本的な耕種的防除を徹底することも肝要である。

引用文献

- 1) 工藤 晟・田中寛康 (1984) : 日植病報 50: 428.
- 2) 那須英夫ら (1987) : 同上 53: 630~637.
- 3) 野口保弘・田中澄人 (1980) : 九州病虫研報 26: 73~74.
- 4) 銀方未彦 (1927) : 実験果樹病害篇: 66.
- 5) TANAKA, S and S. ENDO (1930) : Tottori Nogaku Kaiho 2: 123~134.
- 6) 梅本清作・村田明夫 (1985) : 日植病報 51: 330~331.
- 7) 渡辺博幸 (1991) : 鳥取県園試報 1: 75~86.

お詫びと訂正

7月号の「鹿児島県の野猿による被害の現状と対策」(萬田正治氏著)の中で、表-1の表中、被害期間の欄で、各作物の被害期間を表す横罫(目盛)が脱落しておりました。下記のように訂正するとともに、謹んでお詫び申し上げます。

表-1 鹿児島県における農作物被害状況
(各市町村アンケート調査より、1983~84)

作物名	被害期間(月)												備考(被害部位、被害状況)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
果菜類	イネ												穀粒をしごいて食べる。イネを倒す。
	麦類												手でしごいて食べる。踏み倒す。
	ダイズ												手でしごいて食べる。
	エンドウ												ツルを引きおろし、実を食べる。
	キヌサヤ												サヤをもぎ取り、食べる。
	落花生												掘って食べる。
根菜類	スイカ												大きいものから食べる。
	レタス												苗を引き抜く。レタスを食べる。
	甘しょ												作付と同時にツルを引き抜く。
	パレイショ												茎を引き抜いたり、パレイショを食べる。
	ダイコン												引き抜いたり、食べたりする。
	ニンジン												引き抜いたり、食べたりする。
キノコ類	タケノコ												タケノコの先端を食べる。掘り出す。
	シタケ												大小問わず食べる。
果実類	柿												食いちらす。
	栗												実を食べる。枝を折る。
	ピーチ												実を食べる。
	レイシ												実を食べる。
	ミカン												実を食べる。枝を折る。
	ポンカン												実を食べる。枝を折る。
飼料	タンカン												実を食べる。枝を折る。
	榴ワラ												ワラを散らかす。猿の臭いがつくと飼料にならない。
	トウモロコシ												手当たりしだいにもぎ取って食べる。
	牧草												踏み倒す。猿の臭いがつくと飼料にならない。
	レンゲ												踏み倒す。猿の臭いがつくと飼料にならない。

ハダニの天敵であるケシハネカクシ類の生態

千葉大学園芸学部応用動物昆虫学研究室 下 田 武 志

はじめに

園芸作物の重要な害虫であるハダニ類には数多くの捕食性天敵が存在し、その役割の重要性については多くの報告例がある (McMURTRY et al., 1970)。我が国のカンキツ園で近年問題になっている合成ピレスロイド剤によるミカンハダニ *Panonychus citri* のリサージェンス現象は天敵の重要性を最も明確に示す例 (古橋・森本, 1989) であり、このような問題に対処するために各種天敵に関する詳細かつ幅広い研究が望まれている。

Oligota 属のハネカクシ (以下、ケシハネカクシ類と記す) にはハダニの天敵として有望視される種が多く、我が国でもカンキツやナシなどの果樹園における働きが近年評価されている (浜村ら, 1984; 柏尾, 1989; 下田ら, 1993 b)。しかしながらケシハネカクシ類は飼育が容易でなく、分類が遅れていたこともあって、生態に関する知見は乏しいのが現状である。

本報では、ハダニの天敵として有望視されるケシハネカクシ類の一一種 (ヒメハダニカブリケシハネカクシ *Oligota kashmirica benefica*, 以下 *benefica* と記す) に関する筆者らの研究 (下田ら, 1993 b) を中心に、果樹園における本種の生態や天敵としての諸特性を紹介し、天敵としての評価とその利用の可能性について言及したい。

I ハダニの天敵としてのケシハネカクシ類

ケシハネカクシ類は世界に広く分布し、約 200 種ほどが記載されている (NAOMI, 1984)。これらは成・幼虫とも小型の節足動物やハダニ類などを捕食しており、*O. flavigornis* や *O. oviformis* などはハダニの天敵として有名な種である (McMURTRY et al., 1970)。国内では現在 6 種が記載されており、そのうちの 2 種、すなわちハダニカブリケシハネカクシ *O. yasumatsui* (以下、*yasumatsui* と記す) と *benefica* が、ミカンハダニ、ナミハダニ (黄緑型) *Tetranychus urticae* (green form), カンザワハダニ *T. kanzawai* などの天敵として報告されている (NAOMI, 1984)。両種はハダニが発生する同一植物上に混在することが多いが、一般に後者のほうが優占する傾向があり (表-1), この傾向はミカンハダニが発生するカ

Biology of some *Oligota* beetles (Coleoptera: Staphylinidae) associated with spider mites in Japan. By Takeshi SHIMODA

ンキツ園においても同様である (柏尾, 1989)。そのため国内のケシハネカクシ類では *yasumatsui* よりも *benefica* が有望視されており、実際 *yasumatsui* については研究例はない。したがってこれ以降は *benefica* に関して解説していきたい。

なお今後の研究には両種の識別が必要なので、下田ら (1993 a) の簡易識別法を述べておく。幼虫 (2~3 歳) については胸部背板上の硬皮板 (褐色~黒色) の有無により肉眼でも容易に区別できる (口絵参照) が、1 歳幼虫については容易ではない。成虫は頭部の色彩で区別できる (*benefica* は黄色~茶褐色, *yasumatsui* は黒色を呈する) が、実体顕微鏡下でも識別には熟練を要する。卵の識別は不可能なので、2~3 歳幼虫にまで発育させてからの識別が妥当である。

II 果樹園内外での生態

一般に果樹園周辺の防風樹や雑草などはハダニの天敵の温存場所であるといわれており、飛翔能力を持つ昆虫類の天敵はこのような場所からハダニの多発した園内に移動し、園内のダニ密度を低下させる (井上ら, 1991)。そのため果樹園内外を調査することが、*benefica* の生態の全貌を把握する上で必要である。現段階では果樹園内外での本種の生態に関する知見は乏しいが、ここでは千葉大学園芸学部附属農場 (松戸市) 内のナシ園及びその周辺に自生するクズを対象に、筆者らが実施した 50 葉のランダムサンプリングの調査結果 (下田ら, 1993 b) を紹介する。

benefica は成虫で越冬し、越冬後 (4~5 月ごろ) はハダニが発生するクズにおいてまず 1~2 世代経過する (図-

表-1 ケシハネカクシ 2 種の採集個体数
(下田ら, 1993 a を一部改変)

調査植物	ハダニ	<i>benefica</i> (%)	<i>yasumatsui</i> (%)
クズ	ナミ (赤色型)	691 (98.3)	9 (1.7)
ハコベホオズキ	ナミ (赤色型)	477 (99.4)	3 (0.6)
ナシ	ナミ (黄緑型)	99 (96.1)	4 (3.9)
ウメ	オウトウ	17 (85.0)	3 (15.0)
イヌツゲ	ミカン	90 (90.9)	9 (9.1)
アジサイ	カンザワ	34 (94.4)	2 (5.6)
ムクノキ	エノキ	14 (100)	0 (0)

1)。クズ葉上のハダニ密度がピークとなる時期よりわずかに遅れて *benefica* の密度も高くなるが、これ以降はハダニ密度が減少するため、*benefica* 成虫は餌を求めてほかの場所へ飛しょうして移動する。その一部がナシ園に定着し、ナミハダニ（黄緑型）の多発時に1世代経過する（図-2）。秋にナシ園から戻った個体がクズで1~2世代経過し、11~12月ごろに出現した成虫が越冬するようである。このように *benefica* が常に多くの餌が生息する場所を求めて果樹園内外を移動するのは、後述するように本種の発育や産卵に多くの餌が必要なためであろう。

なお果樹園内外での *benefica* の移出入の可能性についてはカンキツ園においても指摘されており、例えば井上ら（1991）は、カンキツ園周辺の防風樹（イヌマキ、スギ）が発生源である可能性が高いことを報告している。

III 天敵としての特性

ここでは天敵としての特性として重要な、発育・生存能力、捕食能力、増殖能力について、ナミハダニ（黄緑型）を与えた下田ら（1993b）の調査結果を紹介する。なお、ミカンハダニを与えた場合については、柏尾（1989）を参照されたい。

benefica に十分量のハダニを与えた場合の各発育ステージごとの発育期間と発育率を調べた結果を表-2に

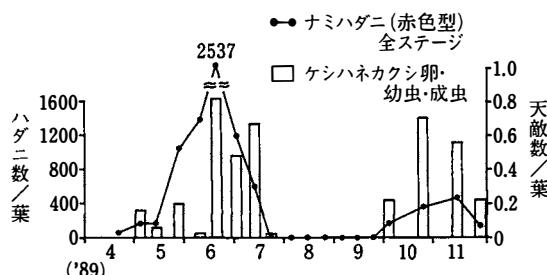


図-1 クズ葉におけるケシハネカクシの発育消長
(下田ら, 1993bを一部改変)

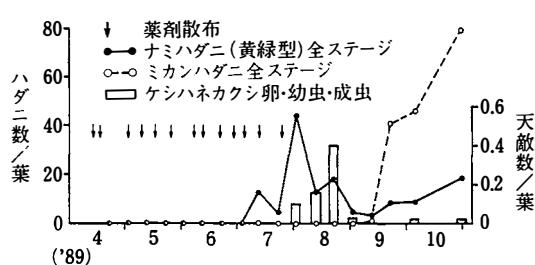


図-2 ナシ葉におけるケシハネカクシの発育消長

示す。雌成虫はクズ葉片上の餌が多い場所に1個ずつ産卵し、産卵直後に周辺にあるハダニの脱皮殻や排出物などを集めて卵（ 0.26×0.21 mm）に被覆を施す（口絵参照）。被覆には捕食者から卵を保護する効果がある。卵からふ化した幼虫はハダニを食べて育ち、成熟した3齢幼虫（体長約2 mm）は土壌中で繭を形成して蛹化する。卵期と幼虫期（1~3齢）の発育期間は短いが蛹期は長く、全発育期間の半分以上を占める傾向がある。飼育した場合の全発育期間は 25°C で平均19.6日とかなり長い。発育率は卵期と幼虫期はともに高く（ 30°C 区の幼虫期の発育率が低いのは発育の進行が早く、蛹化カップに移す前に幼虫が死亡したため）、蛹期には低くなった。蛹期の発育率は土壌の種類や水分条件、飼育温度などにより変動するが、概して30~40%程度に終始する傾向があり、この問題の改善が効率的な飼育法の確立の際の重要な課題である。

幼虫のふ化後の経過日数と捕食数との関係を表-3に示す。調査は各区とも10回ずつ行ったが、餌（ナミハダニ黄緑型の卵）密度が低い区ほど幼虫の発育に悪影響（死亡や逃亡）がみられ、結果的に反復数は少なくなった。ふ化後1日経過した1齢幼虫の捕食数はどの区でも少なく、3~4日経過した3齢幼虫のそれは各区とも最も高くなるが、5~6日経過した幼虫は十分に発育しているので餌をあまり必要としなくなるようである。幼虫期間中の総捕食数は餌供給量が多い区ほど増加する傾向があるが、このことは餌密度が高い条件下において幼虫の本来の捕食能力が発揮されることを示している。なお著者の調査によれば、1齢幼虫はハダニの卵や静止期を主に食べるが、齢が進むとどのステージのハダニもよく食べるようになる。

次に、餌密度と成虫の捕食数と産卵数の関係を表-4に示す。餌（ナミハダニ黄緑型の卵）密度が高い区ほど雌成虫の捕食数と産卵数が増加する傾向があり、餌密度が

表-2 各温度条件下における発育期間と発育率(下田ら, 1993b)

飼育温度 (°C)	供試虫数	発育日数			
		卵期間	幼虫期間	蛹期間	全発育期間
20	40	5.2±0.6 (100)	5.3±0.5 (70.0)	17.6±1.0 (36.0)	28.1±0.7 (27.5)
25	40	4.5±0.5 (90.0)	4.2±0.6 (69.4)	10.9±0.8 (60.0)	19.6±0.6 (37.5)
30	35	3.2±0.8 (88.8)	3.4±0.8 (35.5)	8.5±0.4 (63.6)	15.1±1.2 (20.0)

発育期間は平均値±S.D.で示す。()内の数字は各発育ステージごとの生存率(%)

表-3 幼虫のふ化後の経過日数と捕食数 (下田ら, 1993 b)

1日当たり 供試卵数	反復数	孵化後の日齢 (25±1°C)						幼虫期間中の ハダニ卵捕食数
		1	2	3	4	5	6	
50	2	23.5±0.7 (2)	32.5±0.7 (2)	33.5±2.1 (2)				89.5±3.5
100	4	29.3±9.7 (4)	49.0±7.0 (4)	90.5±4.0 (4)	90.0±6.0 (3)			236.3±47.7
200	10	28.4±6.3 (10)	52.9±20.9 (10)	121.0±54.0 (10)	125.9±68.0 (8)	38.5±0.7 (2)		310.8±75.4
400	9	31.7±6.9 (9)	56.9±26.3 (9)	115.4±69.0 (9)	138.8±71.7 (9)	78.0±43.9 (3)	87 (1)	379.6±64.6

捕食数を平均値±S.D. (残存幼虫数) で示す。

表-4 成虫の捕食数と産卵数との関係 (25±1°C)

餌ハダニ	反復数	平均値±S.D./1日/1匹		産卵数
		捕食数	産卵数	
卵	50	4(♀)	40.2±3.9	2.5±1.3
卵	100	10(♀)	80.4±8.1	3.3±1.4
卵	200	10(♀)	111.7±27.1	5.1±2.7
卵	500	10(♀)	204.9±34.0	12.6±1.3
幼虫	100	6(♀)	46.0±12.6	1.2±1.4
第2若虫	100	6(♀)	28.7±7.1	2.3±2.1
雄成虫	100	6(♀)	41.2±16.9	0.7±1.0
卵	100~300	6(♀)	43.4±32.0	6.2±3.1
雌成虫	50		6.2±4.2	
卵	200	4(♂)	36.2±5.4	
第2若虫	100	4(♂)	11.0±2.8	

高い場合に雌成虫の捕食能力や産卵能力が十分発揮されていることがわかる。雌成虫はどのような種類の餌を与えてそれを捕食し、産卵するが、餌密度を1日当たり100個体で比較してみると、ハダニの卵を与えた場合が捕食数・産卵数とも最も高いようである。雌成虫の捕食数が雄成虫のそれよりもかなり多いが、これは雌成虫が産卵のために多くの餌を必要とするためであろう。なお筆者の調査によれば、成虫はハダニの卵や静止期を好み、ハダニの幼虫や若虫、成虫はあまり捕食しない傾向がある。

十分量の餌(ナミハダニ黄緑型の卵400~600個)を雌成虫に与えた場合の生存期間中の捕食数と産卵数の関係を図-3に示す。雌成虫の生存期間は長く、平均73.9日、最長で125日間生存した。1日当たりの捕食数・産卵数はともに羽化後10日前後が最も多く、その後徐々に減少する傾向があった。生存期間中の総捕食数は平均7,478.8卵、総産卵数は平均226.6卵に達しており、本種の雌成虫の捕食能力と産卵能力が高いことがわかる。

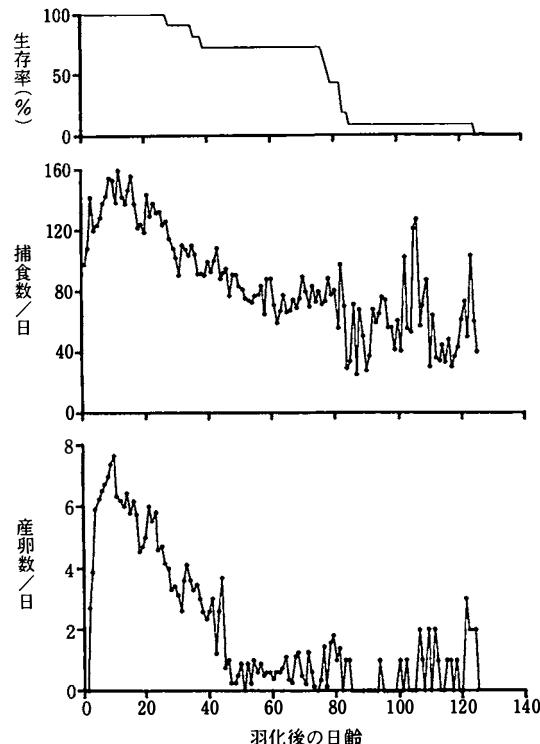


図-3 雌成虫の生存期間中の捕食数と産卵数 (下田ら, 1993 b)

IV 天敵としての利用の可能性

ハダニの捕食能性天敵はダニ類と昆虫類とに大別される。浜村(1989)によれば、後者は前者と比較して、①1個体の捕食数が多い、②発育期間が長い、③幼虫期に必要な餌量が多い、④増殖能力が低い、などの生態的特性を持ち、一般にハダニを低密度に維持する能力には乏しいがハダニの多発時にそれを抑圧する能力があると考えられている。我が国ではケナガカブリダニ *Amblyseius longispinosus* が天敵として最も有望視されているが、そ

の生態的特性(浜村, 1986など)を*benefica*のそれと比較した場合、*benefica*は上記のような特徴を持つ天敵であると結論できる。

それでは*benefica*をどのように利用するのが望ましいであろうか。今まで述べてきたように、本種は発育や産卵に多くの餌を必要とし、そのためハダニの高密度時に本来の能力が発揮される。したがってその利用法としては、浜村(1989)が指摘したように、人為的な大量接種による生物農薬的利用よりは、本来の働きを発揮できるような環境を整え、必要に応じて少数を接種しその効果を期待するような永続的利用法が望ましいと思われる。例えば、果樹園周辺の天敵の潜伏場所を確保・保護し、園内のハダニの多発時に備えるのも一つの方法であろう。

*benefica*の利用にはいくつもの問題点があるが、最大の問題は効率的な飼育方法が確立されていないことにある。本種の食性がハダニに限定され、代替餌がないことや、蛹の発育率が低く飼育効率が悪いことである。このことが飼育法を確立するための最大の課題であり、今後これらの課題を克服する必要がある。

おわりに

カブリダニ類とは異なり、*benefica*はハダニを低密度

に維持し続ける能力には乏しいが、大量発生したハダニを短期間のうちに抑圧するのに適した能力を持っている。現在ハダニの生物的防除の主体はカブリダニ類であることはよく知られているが、果樹園などのようにハダニを含む害虫相やそれらの天敵相が非常に複雑な生態系においては異なった性質を持つ様々な天敵の存在が必要であり、そういう意味において*benefica*の存在は貴重である。果樹園におけるハダニの生物的防除を実施するためには各種天敵に関する詳細な研究が必要であり、*benefica*については果樹園内外での生活史や個体群動態のほか、採餌行動などの行動学的特性やそれに及ぼす農薬の影響などを詳しく調査し、天敵としての評価を正しく行なうことが今後強く望まれている。

引用文献

- 1) 古橋嘉一・森本輝一(1989): 植物防疫 43(7): 375~379.
- 2) 浜村徹三ら(1984): 果樹試報 E(5): 77~106.
- 3) ———(1986): 茶試研究報 (21): 122~201.
- 4) ———(1989): 植物防疫 43(7): 372~374.
- 5) 井上晃一ら(1991): 応動昆 35(1): 49~56.
- 6) 柏尾具俊(1989): 九病虫研会報 35: 191.
- 7) McMURTRY et al. (1970): Hilgardia 40(11): 331~390.
- 8) NAOMI, S. (1984): Kontyu 52: 516~521.
- 9) 下田武志ら(1993a): 応動昆 37(1): 17~19.
- 10) ———ら(1993b): 同上 37(2): 75~82.

本会発行図書

新刊!

『最新農薬の規制・基準値便覧』

B5判 本文243ページ 定価 1,800円(本体 1,748円) 送料 380円

現在、農林水産省・厚生省・環境庁では、農薬に係る各種の規制・基準について見直しがなされております。平成4年10月27日に厚生省が「残留農薬基準」を大幅に改正し、これに伴って農林水産省が「農薬安全使用基準」の改訂を発表するなど、一つの省庁で発表した規制や基準は他の省庁の規制や基準に大きくかかわりあっております。また、こうした規制や基準は、告示される名称も農薬の関係者にとって馴染みの薄いものであり、さらに省庁の違いにより同じ農薬であっても、その呼び名が違っております。こうした点を踏まえ、農薬関係者にとって活用しやすいように規制・基準の設定名称をすべて農林水産省の一般名に読み換え、ISO名や商品名も付記した資料に編集いたしました。巻末には農薬の名称(一般名・ISO名・設定名称)と化学名から引ける索引をつけました。農薬に係る業務に携わられる方たちにとって座右の資料としてご活用ください。

「残留農薬基準」(平成5年3月4日告示分まで)、「農薬登録保留基準」(平成4年11月4日告示分まで)、「農薬安全使用基準」(平成4年11月30日公表分)、「水道水質基準」(平成4年12月21日告示分)、「環境基準」(平成5年3月8日告示分)、その他。

お申し込みは前金(現金書留・郵便振替・小為替など)で直接本会までお申し込み下さい。

天敵出芽細菌を利用したネコブセンチュウの同定

農林水産省農業研究センター
ライオン株式会社生物科学センター

奈
良
安
部
だら
だら
ぶ
だら
だら

たか
宏
ひろ
ひろ
ひろ
ひろ

はじめに

農作物生産の重大阻害要因であるネコブセンチュウ類の防除において、まず解決すべき問題は、センチュウ種名の決定と密度の正確な把握である。畑・野菜圃場に分布するネコブセンチュウはおおむね多犯性であるが、種により寄主範囲や生態的特徴に差異が認められる。したがって、輪作体系や天敵利用・耕種的防除法等を策定する場合、種名の把握は不可欠であり、弊害の多い土壤くん蒸剤中心の防除法が見直されている現在、圃場の線虫診断法の確立が急務である。

ネコブセンチュウ類は微小で形態的に非常に類似するため、同定には高解像度の顕微鏡及び高度の習熟を要する。また、判別寄主を用いる方法では同定結果が出るまでに長期間要するなどの欠点がある。筆者らは走査型電子顕微鏡(SEM)による幼虫・雄成虫の形態比較やアイソザイムによる同定法などを検討し、ネコブセンチュウのより正確な同定を可能にした。一方、ネコブセンチュウの天敵微生物の研究を進めていく過程で、特定のネコブセンチュウ種に特異的に反応する天敵出芽細菌系統を見いだした。この研究をさらに進め、この細菌系統を利用した、特別な技術・知識を必要としない、簡単で、迅速なネコブセンチュウの同定法を開発した。ここでは、本同定法の基礎となる天敵出芽細菌の特性と実際の同定法について概要を述べる。

I 従来のネコブセンチュウ同定法

1 形態

ネコブセンチュウの形態分類に最もよく用いられる形質は、雌成虫の会陰部周辺の紋様(会陰紋: perineal pattern)である。また、2期幼虫及び雄成虫では各部位の計測値間にほとんど差異が認められないため、SEMによる頭部正面像の形態が用いられる(EISENBACK and HIRSCHMANN, 1979; 岡本・八重樫, 1981; 八重樫・岡本, 1981)。しかし、これらの観察には、試料作成に時間と労

Use of Host Specificity of *Pasteuria penetrans* for Identification of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.).
By Takashi NARABU and Hiroshi ADACHI

力を要し、多数の調査個体を必要とし、また、形態的特徴に変異が多いため、正確な同定には習熟を要する。

2 判別寄主法

判別寄主植物にワタ、タバコ、ピーマン、スイカ、ラッカセイ、トマトの6植物(品種)を用い、ネコブセンチュウを接種して約2か月後に根こぶ形成の有無を判定し、種を決定する方法である(TAYLOR and SASSER, 1978)。本法は特別な技術を要せず簡単な方法であるが、品種が特定されており、その種子を入手しなければならず、結果が判明するのに2か月を要し、その間に温度及び養水分の厳密な制御を要するなどの欠点がある。

3 アイソザイム

数頭の雌成虫を磨碎し、電気泳動によりタンパク質を分離し、アイソザイム染色を行い比較する方法は、上記方法の欠点を克服した、正確で簡単な方法である(ESBENSHADE and TRIANTAPHYLLOU, 1985; 奈良部ら, 1989)。特に、1回の泳動で、エステラーゼとリンゴ酸デヒドロゲナーゼの同時染色(ESBENSHADE and TRIANTAPHYLLOU, 1990)を行うことにより、日本産ネコブセンチュウのほぼすべてが同定できるため(奈良部ら, 1991), 実用性は高い。しかし、本法は電気泳動装置及びいくつかの特別な試薬を必要とするため、現場や普及レベルでの実用化は不可能に近い。

II 天敵出芽細菌の特性解明

ネコブセンチュウの天敵出芽細菌 *Pasteuria penetrans* は、直径約3.5 μmの皿型の胞子嚢に包まれた直径約1 μmの球形の厚膜内生胞子が感染態ステージであり、土壤中から検出される耐久態ステージでもある。本細菌は土壤中を移動するネコブセンチュウ2期幼虫に特異的に付着し(図-1), 線虫の成長に合わせて線虫体内で2分裂増殖し、最終的には線虫を死滅させ、線虫体内で増殖した胞子を土壤中に放出し、次の感染源となる(SAYRE, 1980; SAYRE and WERGIN, 1977)。

本細菌は高い乾燥耐性、高温耐性、化学薬剤耐性等を有し、宿主特異性が高いなど実用上有利な点が多く(MANKAU, 1975; NISHIZAWA, 1989; STIRLING et al., 1986), ネコブセンチュウ防除上最も有効な天敵微生物と

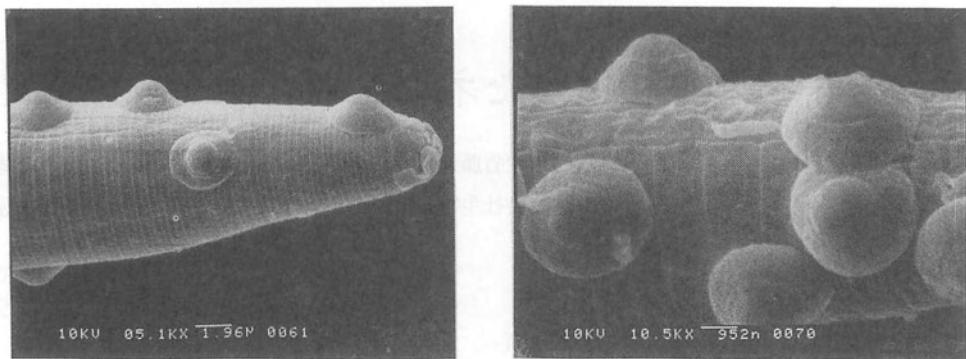


図-1 ネコブセンチュウ 2 期幼虫に付着寄生した *P. penetrans* (走査型電子顕微鏡写真)
左: 2 期幼虫頭部, 右: 拡大図

して有望視されている。しかし、絶対寄生性のために細菌の大量培養が不可能なことと、細菌自身に運動性がなく、線虫との直接接触のみにて感染するため、結果として大量投与が必要なことが実用化を妨げている。

本細菌に関しては、実用化を目指したポット試験や圃場試験は多数行われているが (BIRD and BRISBANE, 1988; 西澤, 1991; STIRLING, 1984), 特性解明に関する研究は少ない。筆者らの行った特性解明試験のうち、本同定法の基礎となる諸特性について以下に述べる。

1 酵素処理による細菌付着数の増加

線虫雌体内で成熟した出芽細菌胞子は、系統により差異が認められるが、そのままでは胞子密度を高めても数個程度しか線虫に付着しない。付着数を高める方法として、胞子を超音波処理する (STIRLING et al., 1986), あるいは風乾する (西澤, 1991) などの方法が知られているが、これらの方では付着数の増加は数倍程度しか望めない。一方、筆者らは、サツマイモネコブセンチュウに寄生する出芽細菌系統 (PPMI) の胞子をプロテイナーゼ K, キモトリプシン, アクチナーゼ等のタンパク質分解酵素で処理することにより、サツマイモネコブセンチュウに対する付着数を数十～数百倍に高めることに成功した。同じ手法により、ジャワネコブセンチュウ寄生系統 (PPMJ) 及びキタネコブセンチュウ寄生系統 (PPMH) でも、それぞれジャワネコブセンチュウ, キタネコブセンチュウに対する付着数を増加させた。

本出芽細菌は成熟の過程で胞子の腹側の胞子のう壁 (sporangial wall) が分解・離脱し、宿主への吸着に関与する内生胞子の基部が露出する (SAYRE and WERGIN, 1977)。STIRLING et al. (1986) は超音波処理により sporangial wall が剥離し、このため胞子の付着率が高まると報告している。一方、本酵素処理後の胞子を SEM 観

察したところ、内生胞子の基部の露出した胞子が多数観察されたので、タンパク質分解酵素により化学的に sporangial wall が分解されたものと判断した。また、キチナーゼ, コラゲナーゼ, リバーゼ, ペプシン等の酵素では付着促進効果は認められなかったため、sporangial wall の組成も含め、その分解様式等についてはさらに解明を要する。

付着活性には、水素イオン濃度も関与しており、PPMI 及び PPMH は pH4～10 の広い領域で付着数の増加が認められたが、PPMJ はアルカリ側と蒸留水中では付着数が極端に低下した。

酵素処理後の出芽細菌は、耐久性にかかる部分の構造が変化すると考えられるが、高温処理 (100°C, 10 分), 凍結保存 (-20°C, 1 年), 乾燥保存 (プラスチック容器中, 6 か月) 各処理後でも、胞子付着数の低下は認められなかった。

2 宿主特異性

本出芽細菌は宿主特異性を持つことが報告されている (STIRLING, 1985) が、本研究に用いた 3 系統の出芽細菌、すなわち PPMI, PPMJ, PPMH もサツマイモネコブセンチュウ, ジャワネコブセンチュウ, キタネコブセンチュウそれぞれの 2 期幼虫に特異的に付着寄生し、他種にはほとんど胞子付着が認められなかった。酵素処理後も宿主特異性は失われず、逆にその傾向はさらに顕著なものになった。酵素処理後は、宿主一細菌系統の一致する組み合わせでは、すべての 2 期幼虫に数十から二百個程度の付着が認められる一方、異なる組み合わせでは、20～50% の 2 期幼虫に 1～3 個の付着が認められる程度にすぎない。

3 出芽細菌付着による線虫集合塊の形成

出芽細菌が多数付着したネコブセンチュウ 2 期幼虫

は、容器内の水中を動き回る過程で互いに付着し合い、集合塊を形成した。SEM観察により、出芽細菌の腹側だけでなく、背側にも弱い付着活性が認められたため、出芽細菌が線虫どうしを接着させる役目を果たすものと判断した。この集合塊は、容量の小さな容器(1ml程度)中に2期幼虫と出芽細菌を入れた場合、10分以内に形成開始された。また、その様子は実体顕微鏡下で容易に観察された。

III 天敵出芽細菌を利用したネコブセンチュウの同定

分離したネコブセンチュウ2期幼虫が、宿主特異性を持つ3系統の出芽細菌、PPMI, PPMJ, PPMHのいずれの系統に反応するかをみるのが、本同定法の基本である。本邦産ネコブセンチュウには9種類が知られている(ARAKI, 1991)が、畑・野菜圃場から検出されるネコブセンチュウはサツマイモネコブセンチュウ、ジャワネコブセンチュウ及びキタネコブセンチュウの3種が大部分である。他種は木本植物や限定された寄主にのみ寄生するので、この3種が同定できれば実用上問題はないと考えてよい。以下に、具体的な同定法を述べる。

1 出芽細菌胞子の調製

3系統出芽細菌PPMI, PPMJ, PPMHをそれぞれ付着させた3種ネコブセンチュウの2期幼虫をトマトに接種し、約60日後、胞子で充満した雌成虫を得た。この雌成虫を5~10頭ずつ取り出し、試験管内で、38°C、2時間、0.1%アクチナーゼ処理を行った。処理後は60°C、30分で酵素の不活化処理を行った。

反応容器は容量が小さく、観察しやすいことから、96穴ELISA用プレート(1ウェル当たり容量約0.35ml)

が最適であった。同プレートの1ウェル当たり 1×10^4 個以上の胞子濃度で、3系統胞子をそれぞれに適合するネコブセンチュウ2期幼虫に反応させると、全系統で付着集合反応が認められた。

しかし、前述のようにPPMJは蒸留水及びアルカリ側では反応しないため、PPMJ胞子懸濁液には0.1Mリン酸緩衝液pH7.0等を20μl程度を加える必要があった。また、サツマイモネコブセンチュウ2期幼虫では、容器の材質(特にプラスチック類)により底に吸着されたり、水面上に浮きやすい性質を持つため、2期幼虫の集合塊ができにくい状態となった。この場合に、2%程度のTriton XやTween80等の界面活性剤、あるいは市販液体洗剤等を20μl程度加えることにより集合塊が容易に形成された。

2 出芽細菌付着反応の観察

上記反応条件で、3種ネコブセンチュウ2期幼虫を50~200頭用い、適合する出芽細菌胞子に反応させたところ、約10分で集合塊ができ始め、60分後には大きな集合塊が形成され、実体顕微鏡下で容易に観察できた。適合しない出芽細菌胞子と2期幼虫の組み合わせでは、2期幼虫は通常の動きをし、変化はなかった(図-2)。集合塊の形成がはっきりしない場合、200~400倍程度の顕微鏡下で出芽細菌胞子の付着を確認すれば、同定はさらに正確なものとなった。また、ふ化直後の2期幼虫ばかりではなく、ベールマン法を用いて線虫汚染土壌中から取り出した2期幼虫を用いた場合も同様の集合塊が認められた。

3 同定用プレートの作成

出芽細菌胞子は風乾した状態でも長期間活性を保つ性質を利用し、反応観察のつどに試料調製をする手間を省いたのが図-3の同定用プレートである。ELISA用ブ

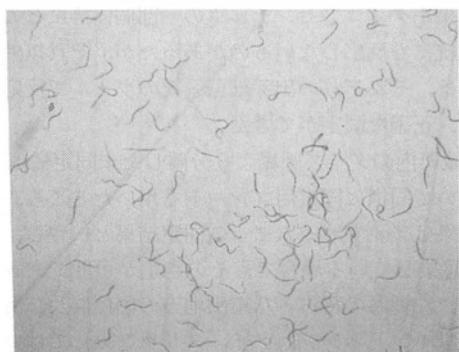


図-2 ネコブセンチュウ2期幼虫と天敵出芽細菌の反応

左：ネコブセンチュウ種と出芽細菌系統の一致する組み合わせ(サツマイモネコブセンチュウ-PPMI)、右：異なる組み合わせ(ジャワネコブセンチュウ-PPMI)

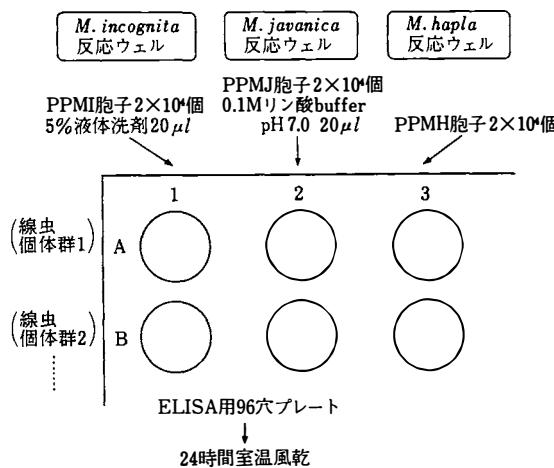


図-3 ネコブセンチュウ同定用プレートの作成法

レートの縦方向に、順に、PPMIと界面活性剤、PPMJとリン酸緩衝液、PPMHをそれぞれ加え、24時間クリーンベンチ内などで室温風乾した。この状態で6か月以上使用可能なため、同定したいネコブセンチュウ個体群が得られた時点では、3か所のウェルに2期幼虫を注入し、どのウェルで反応が起こるかを観察すれば同定が可能である。

出芽細菌が充満したネコブセンチュウ雌1頭からは約 2×10^6 個の胞子が得られるので、3系統の出芽細菌寄生雌のおの1頭があれば3枚のプレートが作成でき、ネコブセンチュウ約100個体群の同定ができる。

4 同定の実際

本邦産の既知種のネコブセンチュウ継代保存個体群(東北地方から沖縄本島までを含む)、すなわちサツマイモネコブセンチュウ20個体群、ジャワネコブセンチュウ15個体群、キタネコブセンチュウ7個体群について、2期幼虫を分離し、上記同定用プレートを用いて同定を行った。その結果キタネコブセンチュウの一部個体群にどの出芽細菌系統にも反応しないものがあったが、それ以外の個体群では、それぞれの出芽細菌系統のウェルで反応が認められ、正確な同定ができた。

また、茨城県内のダイズ圃場より分離した未同定種15個体群について同様に同定用プレートを用いたところ、その同定結果はアイソザイムによる同定結果と一致し、2種が混合感染している場合でもその判別が可能であった。しかし、沖縄県の宮古・八重山地方の個体群及び海外の個体群(インドネシア、タイ、スリランカ)ではいずれの出芽細菌系統にも反応しない個体群が多数認められ、これらの地域のネコブセンチュウ同定に用いることはできなかった。

おわりに

ネコブセンチュウ用同定プレートを用いることにより、これまで難しかったネコブセンチュウ3種の同定が、正確かつ簡便に行えるようになった。新鮮なネコブセンチュウ2期幼虫が得られれば、試験研究機関や普及レベルでの使用も可能である。この方法では、キタネコブセンチュウや南方産ネコブセンチュウの一部で、いずれの出芽細菌にも反応しない個体群が認められたので、今後は、それらに反応する出芽細菌系統を見いだし、より正確な同定を目指す必要がある。また、3種以外のネコブセンチュウに寄生する出芽細菌を見いだし、それらがどのような反応を示すかを見きわめる必要もある。さらに、ネグサレセンチュウに寄生する出芽細菌 *Pasteuria thornei* (STARR and SAYRE, 1988)、シストセンチュウに寄生する *P. nishizawae* (SAYRE et al., 1991) が報告されており、これらを用いて、土壤中から分離されるネコブセンチュウ、シストセンチュウ、ネグサレセンチュウが容易に判別できるようなシステムについても検討してみたい。

引用文献

- 1) ARAKI, M. (1991) : Jpn. J. Nematol. 22: 11~20.
- 2) BIRD, A. F. and P. G. BRISBANE (1988) : Rev. Nematol. 11: 75~81.
- 3) EISENBACK, J. D. and H. HIRSCHMANN (1979) : J. Nematol. 11: 5~16.
- 4) EBBENSHADE, P. R. and A. C. TRIANTAPHYLLOU (1985) : ibid. 17: 6~20.
- 5) _____, _____ (1990) : ibid. 22: 10~15.
- 6) MANKAU, R. (1975) : J. Invertebr. Pathol. 26: 333~339.
- 7) 奈良部孝ら (1989) : 日線虫研誌 19: 46~51.
- 8) _____ら (1991) : 第35回日本応用動物昆虫学会講要 : 179.
- 9) NISHIZAWA, T. (1989) : J. Nematol. 21: 576~577.
- 10) 西澤 務 (1990) : 第34回日本応用動物昆虫学会講要 : 206.
- 11) _____ (1991) : 第35回日本応用動物昆虫学会講要 : 183.
- 12) 岡本好一・八重樫隆志 (1981) : 日線虫研誌 10: 35~42.
- 13) SAYRE, R. M. (1980) : J. Nematol. 12: 260~270.
- 14) _____ and W. P. WERGIN (1977) : J. Bacteriol. 129: 1091~1101.
- 15) _____ et al. (1991) : Ann. Inst. Pasteur/Microbiol 142: 551~564.
- 16) STARR, M. P. and R. M. SAYRE (1988) : Ann. Inst. Pasteur/Microbiol. 139: 11~31.
- 17) STIRLING, G. R. (1984) : Phytopathology 74: 55~60.
- 18) _____ (1985) : Nematologica 31: 203~209.
- 19) _____ et al. (1986) : Rev. Nematol. 9: 251~260.
- 20) TAYLOR, A. L. and J. N. SASSER (1978) : Biology, Identification and control of root-knot nematode (*Meloidogyne* species). North Carolina State University Graphics, Raleigh, 111pp.
- 21) 八重樫隆志・岡本好一 (1981) : 日線虫研誌 10: 43~51.

植物防疫基礎講座

多重比較法とその選び方(2)

多重比較法の主な種類

農林水産省農業環境技術研究所 山村光司

はじめに

実験においてはデータはある程度は何らかの形で構造化、定量化されていることが多い。したがって、データ解析にあたっては、まず前回に述べたような構造化・定量化された分散分析を考慮してみるべきだと思われる。分散分析モデルの総平方和が、構造に基づいて自由度1の平方和に分割されれば、もはや多重比較法の出番はない。しかし、完全に等価な三つ以上の処理に出くわしたなら（すなわち自由度が2以上の平方和に出くわしたなら）、その場合の検定には多重比較法を用いることになる。例えば、前回用いたデータ（表-1）で、もしA地域に三つのトラップが設置されていたとしたら、この三つのトラップ間の差に関しては多重比較法で検定を行わなければならない。同様に、もし調査が三つの地域（A地域、B地域、C地域）で行われていたとしたら、この三つの地域の間の差に関しては多重比較法で検定を行わなければならない。

I 1段階検定による多重比較法

一般に、三つの値が「すべて同じもの」であるか否かを判定する際に二つの方針が考えられる。一つめの方針は、三つの値のばらつき（分散）を調べて、この分散が大きければ「この三つの値はすべて同じものとはいえない」と宣言するという方針である。もう一つの方針は、三つの値の最大値と最小値の差を計算し、この差が大きければ「この三つの値はすべて同じものとはいえない」と宣言するという方針である。前者の判定方針に基づい

て検定を行う方式がF検定である。一方で、後者の方針に基づく方法は「スチューデント化された範囲を用いる検定」である。分散分析法は前者の考え方を基幹とする分析体系であるが、多重比較の問題においては後者の考え方にも力を発揮している。というのも、後者の方針は、その最大値・最小値のみを用いるという性質から、次のような重要な特徴を備えているからである。「 k 個の処理平均のすべての二つの組み合わせ（ ${}_k C_2$ 個）について、その二つの処理平均の差を比較するときに、本当はその二つに差がないにもかかわらず誤って有意差ありと判定してしまう確率を常に α におさえる。」すなわち、前回に述べた多重比較法の条件を満たしている。したがって、スチューデント化された範囲の検定を用いて、どの処理とどの処理の間に有意差があるかを判定することができる。この方法はTUKEYの方法といわれ、多重比較法の中で標準とされるものである。

いま、誤差の自由度を v 、誤差平均平方を s_e^2 とし、 k 個の処理平均値 m_i （ $i=1, 2, \dots, k$ ）を比較する場合を考えよう。それぞれの処理が同じ数 n 個のデータを含むとする。あらゆるデータの真の誤差分散を σ^2 とすれば、おののおのの処理平均値の真の分散はいずれも、 σ^2/n である。したがって、次の値は分散1の正規分布に従う。

$$\frac{m_i}{\sigma/\sqrt{n}} \quad (i=1, 2, \dots, k)$$

もし、 k 個の処理の真の平均値がすべて等しいならば、 k 個の $m_i/(\sigma/\sqrt{n})$ の値はすべて分散1の同じ正規分布に従う。分散1の同じ正規分布に従うならば、その k 個の値の最大値と最小値の差（範囲）が極端に大きくなるはずはない。したがって、あらかじめ「 k 個のサンプルを取り出したとき、 α 以下の確率でしか生じないような限界の範囲」を「分散1の正規分布」に関して計算して数表にしておけば、この表中の値と、実際の最大値と最小値の差を比較することによって検定ができる。 k 個の $m_i/(\sigma/\sqrt{n})$ の最大値と最小値の差が表中の限界値よりも大きければ「 k 個の処理の真の平均値はすべて等しい」という仮説を棄却するわけである。ただし、実際には σ^2 の値は不明なので平均誤差平方 s_e^2 を用い、 $m_i/(s_e/\sqrt{n})$ の最大値と最小値の差を使う。このため平均誤差平方の自

表-1 ハスモンヨトウのフェロモントラップ誘殺実験結果

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

On the choice of multiple comparison procedures(2).
By Kohji YAMAMURA

由度ごとに別の限界値を検定に用いなければならない。結局、この限界値は有意水準 α 、処理個数 k 、誤差平均平方の自由度 ν の三つの値に依存する。この限界値を $Q(\alpha, k, \nu)$ と記し、「 k 個の正規確率変数の範囲を自由度 ν でスチューデント化した分布の α 水準限界値」と表現する。

この方式を利用し、結局、処理 i と処理 j の平均の差、 $m_i - m_j$ が次の不等式を満たせば処理 i と処理 j には α 水準で有意差があると判定できることになる。なぜなら、「処理 i と処理 j の効果が真に等しい」という条件を含むあらゆる帰無仮説のうちで「 k 個の処理の効果が真にすべて等しい」という帰無仮説が最も大きな有意確率を示すからである。

$$|m_i - m_j| > \left(\frac{s_e}{\sqrt{n}} \right) Q(\alpha, k, \nu) \quad (3)$$

先のフェロモントラップのデータについて、三つのトラップが同じ地域に設置されていた場合を想定して、TUKEYの方法で多重比較を行ってみよう。前回にならって、対数変換後に分散分析を行う。その分散分析表を表-2に示してある。今の場合、二つの処理を比較する組み合わせは、 $C_2 = 3$ 通りある。つまり A1 と A2, A1 と B3, A2 と B3 である。このような二つごとの比較は「対比較（ついひかく、 pairwise comparison）」と呼ばれている。今の場合 3 通りの pairwise comparison が存在するわけである。 $\alpha = 0.05$, $k = 3$, $\nu = 6$ を用いると、 $Q(0.05, 3, 6)$ は 4.339。処理ごとのデータ数は 4, $s_e = \sqrt{0.0282} = 0.1679$ である。したがって上式 (3) の右辺の値は 0.3644 となる。今は比較したい平均値は、トラップ A1 について $m_1 = 3.8106$ 、トラップ A2 について $m_2 = 3.6728$ 、トラップ B3 について $m_3 = 4.5338$ であるから、差が 0.3644 以上となる組み合わせを考えれば結論は次のようにになる。「0.05 水準において、トラップ A1 と A2 の間には差がない。トラップ A1 と B3 の間には差がある。トラップ A2 と B3 の間にも差がある。」このことから、いまの場合、間接的に「A 地域と B 地域には有意差がある」とことがいえる。厳密に計算すると、トラップ

A1 とトラップ B3 との間の有意確率は 0.0021 である。前回の分散分析によれば本当は A 地域と B 地域には 0.0003 水準で差があるのだが、データの持つ構造を無視したために、検出力がやや落ちていることがわかる。

TUKEY法は、もともと処理ごとのデータ数が等しい場合を想定した方法であるが、処理ごとのデータ数が異なる場合には、次の判定基準を用いることにより、同じように検定を行うことができる。第 i 処理のデータ数を n_i とすれば、

$$|m_i - m_j| > s_e \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} Q(\alpha, k, \nu) \quad (4)$$

これは、上の (3) 式の n の代わりに二つの処理データ数 (n_i, n_j) の調和平均を使った式である。この式を用いた場合、厳密には検定基準は α よりも少し小さくなり、帰無仮説をやや棄却しにくくなる、つまりやや「保守的」な検定となる (HAYTER, 1984)。しかし、有意水準は α 以下に保たれているには違いないので、一応問題はない。この (4) 式を用いる方法は TUKEY-KRAMER 法あるいは KRAMER 法と呼ばれる。

多重比較の計算でよく出てくるもう一つの方法は、SCHEFFÉ 法と呼ばれる方法である。いま、 k 個の処理の中から二つのグループを取り出して、その平均値の違いを比較してみよう。それぞれ処理の真の値を $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ とすれば、例えば μ_1, μ_8 の平均値と μ_2, μ_3, μ_5 の平均値を比較する場合、次の値がゼロであるか否かを検定することと同じである。

$$\frac{\mu_1 + \mu_8}{2} - \frac{\mu_2 + \mu_3 + \mu_5}{3}$$

この推定値は、

$$\frac{m_1 + m_8}{2} - \frac{m_2 + m_3 + m_5}{3} \quad (5)$$

このような比較を日本語では「対比（たいひ）」と呼ぶが、先ほどの「対比較（ついひかく）」という言葉と 1 字違いで非常にまぎらわしい。これは「二つのグループ間の比較」であるから、原語の「contrast」という言葉のほうがずっとわかりやすいように思われる。

第 i 処理のデータ数を n_i とすれば、上の (5) の値の分散推定値 s_c^2 は、各 m_i の分散推定値 s_e^2/n_i に係数の 2 乗をかけて足せば良いので

$$s_c^2 = s_e^2 \left\{ \left(\frac{1}{2} \right)^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_8} \right) + \left(\frac{1}{3} \right)^2 \left(\frac{1}{n_2} + \frac{1}{n_3} + \frac{1}{n_5} \right) \right\}$$

である。いま、自由度 $(k-1, \nu)$ の F 分布の上側確率 α の値を $F(\alpha, k-1, \nu)$ で表そう。SCHEFFÉ は、「 k 個のすべての処理平均値に差がない」という帰無仮説の基で、このようなグループ分け（重み付き平均を含む）のいか

表-2 データ構造を無視した分散分析表（対数変換後）

変動要因	平方和	自由度	平均平方	F	確率
モデル全体	25.095	5	5.019	177.96	<0.0001
ブロック(月)	23.384	3	7.795	276.37	<0.0001
トラップ	1.711	2	0.856	30.34	0.0007
誤差	0.169	6	0.0282		
全体	25.264	11			

なる組み合わせを考えても、「その平均値の差が $s_c \sqrt{(k-1)F(\alpha, k-1, \nu)}$ を超える確率」が α 以下になることを証明した。この関係を利用し、例えば上の(5)式の絶対値が $s_c \sqrt{(k-1)F(\alpha, k-1, \nu)}$ より大きければ、「第1, 8処理の平均値は、第2, 3, 5処理の平均値と α 水準で有意に異なる」ということができる。一般に(5)式のようなグループ間の比較 (contrast) を形式的に表現すれば、

$$\sum_{i=1}^k c_i m_i$$

ただし、ここに

$$\sum_{i=1}^k c_i = 0$$

が成り立っているはずである。 $\sum_{i=1}^k c_i m_i$ の推定分散 s_c^2 は

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

$\sum_{i=1}^k c_i m_i$ が次の不等式を満たせば、二つのグループの間に有意な差があると判定する。

$$\left| \sum_{i=1}^k c_i m_i \right| > s_c \sqrt{(k-1)F(\alpha, k-1, \nu)} \quad (6)$$

ただし、SCHEFFÉ (1953) 自身も触れているように、SCHEFFÉ の方法は、二つの処理の比較 (pairwise comparison) のみを問題にする場合には、検出力が弱いので使うべきではない。SAS も含め、統計パッケージで SCHEFFÉ の方法の出力があるときは、それは pairwise comparison に SCHEFFÉ 法を使った計算であることが多い。この場合、TUKEY 法あるいは TUKEY-KRAMER 法が出力できるならば SCHEFFÉ 法の出力はまず不用であると考えてよい。なお、ソフトウェアによっては、BONFERRONI 法や DUNN-ŠIDÁK の方法による多重比較の結果も同時に表示してくれるものがある。しかし、これらの方法も SCHEFFÉ 法と同じくに検出力が弱いだけなので、やはり使用は薦められない。

再びフェロモントラップのデータを取り上げ、SCHEFFÉ の方法を使ってみよう。いかなる contrast を検定してもよいが、先ほどの分析と比較するために、例として A 地域の平均値と B 地域での平均値の間の差を取り上げて検定してみよう。調べたい差の推定値は

$$\frac{3.8106 + 3.6728}{2} - 4.5338 = -0.7921$$

である。0.05 水準での判定基準は $s_c \sqrt{(k-1)F(\alpha, k-1, \nu)}$ に $s_c = \sqrt{s_e^2} = 0.10284$, $k=3$, $\alpha=0.05$, $\nu=6$ を入れて 0.3298 である。-0.7921 はこの値よりも大きいので、「A 地域と B 地域は 0.05 水準で有意差がある」と結論できる。正確に計算すると、この値の

有意確率は 0.0008 である。前回の分散分析によれば本当は A 地域と B 地域の間には 0.0003 水準で有意差があったのだが、データ構造を無視したために、検出力が低下している。

II 多段階検定 (step down 型) による多重比較法

処理平均値を大きさの順にならべ、両端から検定範囲を狭めていきながら、逐次に検定を行うという形の検定法がある。このような検定手法は step down 型の多段階検定と呼ばれており、手続きは面倒ではあるが、その代わり 1 段階検定法に比べてやや高い検出力を持っている。例えば、 k 個の処理平均の間の多重比較を行うとき、次のようなステップをたどる。

- ① k 個の平均値の間で検定を行う。検定結果が有意ならば片方どちらかの端のデータを除いて $(k-1)$ 個の中で検定を行い、これら $(k-1)$ 個の処理間に有意差があるかどうかを調べる。また、逆の端のデータを除いて同様に検定を行う。
- ② 有意差の検出されたグループについては、さらに端のデータを除いて $(k-2)$ 個の間の検定を行う。もし有意差がなければ、そのグループについてはさらに分割せず、検定をストップする。
- ③ ②の操作を繰り返す。

いま 10 個の処理平均値を大きさの順にならべて 6 個と 4 個に分けたとしよう。このとき、6 個の間の有意性の検定と、4 個の間の有意性の検定を同時にを行うことになる。仮に有意水準を α でなくて、それぞれ $\alpha_1=1-(1-\alpha)^{(6/10)}$ と $\alpha_2=1-(1-\alpha)^{(4/10)}$ として検定を行ってみよう。このとき「本当は、この 6 個内に差はなく、かつ 4 個内にも差がない」にもかかわらず、どちらかの検定でたまたま有意差が出てしまう確率というのは、1.0 から「どちらの検定でも有意差が出ない確率」を引いたものである。仮に二つの検定が独立であるならば、その確率は、

$$\begin{aligned} & 1 - (4 \text{ 個の間に有意差が出ない確率}) \times (6 \text{ 個の間に有意差の出ない確率}) \\ & = 1 - (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2) \end{aligned}$$

これは書き直すと

$$\begin{aligned} & 1 - \left\{ 1 - \left[1 - (1 - \alpha)^{(4/10)} \right] \right\} \\ & \quad \left\{ 1 - \left[1 - (1 - \alpha)^{(6/10)} \right] \right\} \\ & = \alpha \end{aligned}$$

つまり、「どちらかの検定でたまたま有意差が出てしまう確率」は見事に α に一致する。このことから一般に k 個

の比較を行う際に有意水準を

$$\begin{aligned}\alpha' &= 1 - (1 - \alpha)^{(p/k)} & p < k-1 \\ &= \alpha & p \geq k-1\end{aligned}$$

として検定を行うと、全体の有意水準は常に正しく α に保たれることができるとわかる。結局、step down 法で多段階検定を行う際にはこの有意水準を用いればほぼ正しい検定法となる。これは RYAN 法と呼ばれているものである。従来使われていた DUNCAN 法、NEWMAN-KEULES 法等の step down 法は、この観点からすれば「誤った方法」であり、これらの方法を使った論文は現在ではもはや受理されない可能性が高いであろう。ちなみにこれらの方法では次の有意水準を用いていた。

$$\begin{aligned}\text{DUNCAN法} \quad \alpha' &= 1 - (1 - \alpha)^{p-1} \\ \text{NEWMAN-KEULES法} \quad \alpha' &= \alpha\end{aligned}$$

上の RYAN の α' 有意水準を用いて、繰り返し「スチューデント化された範囲を用いた検定」を行うことにより、先の TUKEY 法よりも検出力の高い検定を行うことができる。SAS ではこの RYAN 法を REGWQ 法と呼んでいる。ただし、SAS の REGWQ では、処理ごとのデータ数が一定でないときにデータ数の調和平均を用いて計算を行うようになっている (SAS Institute, 1990)。これはかなり具合が悪いので、SAS の REGWQ は「すべての処

理ごとのデータ数が同じ」場合に限り使用すべきである。また、「スチューデント化された範囲を用いた検定」を行う代わりに、それぞれの段階で F 検定を行うのもよい。こちらの方式は SAS では REGWF と呼んでいる。REGWQ と REGWF のどちらのほうが検出力が高いかは、真の処理平均の位置関係によって異なるであろう。両者の優劣は、検出力を評価する基準によって異なるようである (HOCHBERG and TAMHANE, 1987)。

なお、RYAN 法とは逆に、範囲を広めてゆきながら多段階検定を行うやり方もある (step up 型)。WELSCH (1977) が開発した step up 法は、有意水準を正確に α に調整しながら、かつ RYAN 法よりも少し高い検出力を保証する。しかし、WELSCH 法は、その限界値の計算がやっかいであり、SAS では対応していない。数表としては佐々木 (1987) に掲載されているものが入手しやすいであろう。

引用文献

- 1) HAYTER, A. J. (1984) : Ann. Statist. 12: 61~75.
- 2) HOCHBERG, Y. and A. C. TAMHANE (1987) : Multiple Comparison Procedures. Wiley.
- 3) 佐々木昭博 (1987) : 植物防疫 41: 289~294.
- 4) SAS Institute (1990) : SAS/STAT ユーザーズガイド Release 6.03 Edition. SAS 出版局.
- 5) SCHEFFÉ, H. (1953) : Biometrika 40: 87~104.
- 6) WELSCH, R. E. (1977) : J. Amer. Statist. Assoc. 72: 566~575.

学界だより

○第11回「植物保護とバイオテクノロジー」シンポジウム開催のお知らせ

主 催：日本農業学会・農業バイオテクノロジー研究会
日 時：平成5年10月22日（金）10:30~17:00

場 所：明治大学大学会館・6階、JR「お茶の水」駅お茶の水橋口（新宿寄り）下車、坂を3分下った左側。電話 03-3296-4276, 4277

テーマ：「生物機能利用の最前線」

プログラム：

1. 寒地型芝草のエンドファイト・その特性と利用
((株)ジャパン・ターフグラス) 竜原春夫氏
2. 微生物除草剤の現状

（三井東圧化学（株）ライフサイエンス研）

郷原雅敏氏

3. 生物農薬の開発過程における諸問題—病害防除を中心として—
(日本植物防疫協会研究所) 田中 薫氏
4. 寄生蜂による寄生制御の分子機構
(北大、低温科学研) 早川洋一氏
5. 昆虫の共生微生物
(蚕糸・昆虫農業技術研) 野田博明氏
6. コガネムシに殺虫活性を持つ新規 Bt
(東京農工大、農、応用生物科学) 佐藤令一氏

参加費：3,000円

連絡先：〒305 つくば市觀音台2-1-2

農業生物資源研究所 宇垣正志氏

TEL 0298-38-7424, FAX 0298-38-7408

(口絵解説)

花の病害虫(8)——グラジオラス——

グラジオラスの生産状況

グラジオラスの生産は 1985~90 年の増加期以降栽培面積は 360 ha 前後で横這い状況を示している。球根類としてはユリ類に次いで多いが、多くの球根類と異なって露地栽培が中心となっているのが特徴といえる。

切花栽培では鹿児島、長野、茨城、静岡が生産地となっており、特に鹿児島での生産量が多い。栽培面積では平成 3 年度で約 360 ha のうち、露地が 340 ha で生産額は約 35 億に達している。栽培面積は横這いだが生産額は毎年 10% 程度多くなっている。

茨城県を中心とした球根生産は 1980 年代当初の 200 ha をピークに漸減し、ここ数年は 120 ha、生産額 3.6 億前後で横這いとなっている。

施設での栽培面積は全体の 5%，生産額は 10% 足らずにとどまっている。

栽培型としては球根栽培では 3 月に定植、9~10 月に球根を収穫し、この間 7 月に摘花するのが一般的である。切花栽培ではトンネルによる半促成型により 6~7 月の収穫、露地栽培による 7~8 月の収穫、それに球根の低温貯蔵による 9~11 月出荷がある。

グラジオラスの栽培で発生する病害虫と防除

病害としては、球根腐敗病、首腐病、ボトリチス、乾腐病、赤斑病などがあるが最も致命的なのはウイルス病である。特に BYMV を中心としたウイルスは栽培上最大の問題となる。葉では白いかすり状の縞が入り、花では花弁に口絵写真のようなモザイクが入るため商品価値がなくなる。葉の症状はハダニの被害としばしば見間違われるが、ハダニの場合は白い脱皮殻と黒い排泄物が葉についているので区別される。このほかのウイルスとして CMV、TRSV があり、特に土壤中のオオガタハリセンチュウによって伝播される TRSV については海外からの球根輸入の大きな障害となっている。

BYMV などはアブラムシにより伝播されるので、完全な防除は難しいので健全球根からの茎頂培養によるウイルスフリー株の増殖が最も期待されている。

栽培期間中はアブラムシの寄生を回避する必要があり、特に初期の飛来を回避する目的でシルバーテープを周辺に張ったり、伝染源となるインゲンなどのマメ類を作付けしないようにするは基本である。他の病害は他の球根類と共通する種が多く、球根の貯蔵中の過湿、発

芽後の天候に左右される病害が主体となる。

害虫の種類は他の球根類にくらべ多い。アブラムシ類、ハナアザミウマ類、ハダニ類のほか、葉を中心に食害するヨトウガ、ヤブキリ、ナシケンモン、ドクガなどが寄生する。このほか茎の中に食入するフキノメイガ、根に寄生するセンチュウ類などがある。そのうえ、1986 年ごろからグラジオラスアザミウマの海外からの侵入があり、一層防除体系が複雑になっている。特に切花栽培では花の被害が激しくなるので出蕾前に防除が完全でないと花の被害が避けられない。本種は球根に寄生して移動し発生源となることが最も重要と考えられるので、常発地帯では球根消毒が必要である。発芽後の葉への寄生を認めたら、アセフェート水和剤、プロチオホス乳剤などの初期散布が有効である。ヨトウガの発生も多く幼虫による葉の食害、時に花の食害もみられる。球根養成の密植栽培では時にフキノメイガが茎内に食入する。食入後の防除効果は十分認められないので露地栽培では 5 月の若い株のうちにヨトウガなどとの同時防除をかねて MEP 剤などを散布することにより食入を回避できる。カンザワハダニを中心としたハダニ類の発生は特に施設栽培で多発することがあり、ハダニ特有の白いかすり症状になり発育が抑制される。露地栽培でも恒常に発生し、7~8 月に 1~2 回の殺ダニ剤の散布が必要となる。8 月にはヤブキリ、ナシケンモン、チャハマキなども寄生するが、特に被害として大きくなることはない。特に球根栽培では防除の必要はないことが多い。

上記のような病害虫のため露地栽培でも一作最低 5~6 回の防除が行われており、特にグラジオラスアザミウマの発生により防除回数が増加している。切花栽培では出蕾期までに防除を終わらせておかないと、開花後の薬剤散布は他の花以上に汚れの原因となりやすいので注意する。また植え付け直後のネキリムシ類の被害もあるので、土壤施用剤としてダイアジノン粒剤などを施用し、初期のアブラムシなどとの同時防除をかねるとよい。病害のほうには特に触れなかったが土壤病害の乾腐病防除のために球根温湯消毒を行う場合はグラジオラスアザミウマとの同時防除を狙ってアセフェート、MEP 剤などを使用するとよい。

以上、主な害虫を中心に記したが、最大の問題点はウイルスであり、輸入する上でも大きな障害となっている。ウイルスフリー株からの茎頂培養による生産もかなり行われており、今後は大量増殖技術により生産が安定していくものと期待される。

(茨城県立農業大学校園芸部 中垣至郎)

植物防疫基礎講座

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル (4)

コムギ赤かび病菌・うどんこ病菌

北海道立中央農業試験場 みや 宮 じま 島 くに 邦 ゆき
JA 全農農業技術センター 中 なか ざわ 泽 やす 靖 ひこ 彦

—コムギ赤かび病菌—

はじめに

コムギの赤かび病菌には、数種類が知られており、北海道ではそのうち *F. avenaceum*, *F. culmorum* 及び *F. nivale* が発生する。特にコムギの主産地である道東北部では、赤かび病が多発する冷涼年には *F. nivale* が優占種となる。本病原菌は北海道で 1928 年にコムギの紅色雪腐病菌として認められて以来、毎年多少の差はあれ発生していた。この病原菌はまた、コムギの生育期にも発生し、幼苗の立ち枯れ、葉身の斑紋、葉鞘の褐枯症状及び穂の赤かび病も引き起こす (宮島・斎藤, 1984; 斎藤ら, 1982; 坪木, 1984; 坪木・青田, 1986)。病原菌は種子伝染及び土壤伝染して積雪期に紅色雪腐病を起こし、夏季の生育期には分生胞子及び子のう胞子が空気伝染して赤かび病を生じる (萱場ら, 1993)。北海道では、前者の紅色雪腐病や雪腐大粒菌核病を防除するためにチオファネートメチル剤 (以下、TM 剤と略す) が 1973 年以降使用されてきたが、1981 年にはベンゾイミダゾール剤に対する紅色雪腐病菌の耐性菌が全道各地に広く分布し (田中ら, 1983), 次いで赤かび病菌 (*F. nivale*) の耐性菌も認められた (坪木, 1984)。

ここでは、赤かび病菌、特に *F. nivale* のチオファネートメチル耐性菌の北海道における例を紹介する。

1 赤かび病菌の分離方法

(1) 单胞子分離

紅色雪腐病罹病葉、生育期の葉の斑紋及び赤かび病罹病穂には多量の大型分生胞子が形成されているので、これらの新鮮な病斑部を滅菌水中で振とうする。これにより得られた胞子浮遊液を素寒天培地 (ストレプトマイシンまたはクロラムフェニコール 50 ppm 加用) に白金耳またはコンラージ棒で広げ、15~20°Cで培養する。1~2

Methods for Monitoring Fungicide Resistance—Wheat scab (*Fusarium graminearum*, *F. nivale*, *F. avenaceum*) • Wheat powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*).

By Kuniyuki MIYAJIMA and Yasuhiko NAKAZAWA

日後に発芽した胞子を単個分離し、ジャガイモ煎汁ショ糖寒天培地 (PSA) または同ブドウ糖寒天培地 (PDA) で培養し、4°Cで保存する。

(2) 菌糸分離

罹病組織を流水で洗浄し、2% アンチホルミン液に 30 秒間浸漬して表面殺菌後、十分に水洗して PDA またはベンゾキサゾリノン 300 ppm 加用 PDA (斎藤・宮島, 1984) 上に静置、培養後、伸長した菌糸の先端を切り取り、分離、培養する。

2 検定方法

耐性検定は胞子発芽と菌糸生育について行う。

(1) 胞子発芽試験法

胞子形成培地: コムギ葉煎汁寒天培地 (乾燥コムギ葉 10 g, ショ糖 10 g, 寒天 15 g, 蒸留水 1 l), エンパク粒培地 (エンパク穀粒 50 g, 蒸留水 50 ml), カーネーション葉寒天培地 (CLA), PDA。

胞子形成法: PDA で前培養した供試菌株の菌叢片を各寒天培地に置床し、10~20°C, BLB を照射して培養する。また、胞子浮遊液をエンパク粒培地に加え、暗所で 7 日間培養後、穀粒をプラスチックペトリ皿に移し、BLB 照射下、10~20°Cで培養する。

検定: TM 剤の希釈液を調製し、これに等量の胞子浮遊液 (3×10^5 個/ml) を混合した液をコロジオン膜被覆スライドグラスに滴下し、20°C, 24 時間、温室内で静置して 100 個の胞子の発芽の状況を検鏡する。

F. nivale の大型分生胞子は、コムギ葉煎汁寒天培地または PDA を用いて 15°C, BLB 照射 (12 または 24 時間/日), 7 日間培養すると多量に形成され、エンパク粒培地では 3 日間の BLB 照射で良好であった (萱場・宮島, 1992)。チオファネートメチルの胞子発芽に対する影響は、耐性菌では 5 ppm でほとんど認められず、50 ppm で 73% が阻害され、MIC は 50 ppm 以上であった。なお、参考に供試した *F. graminearum* S1 菌株は感受性であり、1 ppm で阻害された。

(2) 平板希釈法

PDA 培地に供試菌株の菌叢片を移植し、20°Cで 3~4 日間、暗所で前培養した。チオファネートメチルを 1,

10, 100 及び 1,000 ppm になるように PDA に混合し、オートクレーブののち 9 cm ペトリ皿で平板として検定培地とした。前培養したコロニー周辺部を直径 4 mm のコルクボーラーで打ち抜き、菌叢面を下にして検定培地に移植し、15~20°C で 3~5 日間培養後、菌糸伸長の有無により感受性菌と耐性菌の判定を行う (SMITH et al., 1991)。

1984 年に北海道十勝支庁管内、17 市町村の赤かび病穂から分離した *F. nivale* の菌株はすべてベノミル耐性菌であり、50,000 ppm でも生育した。なお、*F. graminearum* の菌株はすべて感受性菌であった (坪木, 1984)。また 1991 年に北海道網走支庁管内の 3 市町村の赤かび病穂から分離した *F. nivale* の 7 菌株もすべてチオファネートメチル耐性菌であり、MIC は 1,000 ppm 以上であった。なお、*F. avenaceum* 17 菌株、*F. graminearum* 13 菌株はすべて感受性菌であり、MIC は 10 ppm 以下であった (表-1)。

紅色雪腐病穂から分離した *F. nivale* の菌株は、感受性菌の MIC が 3 ppm、耐性菌が 40,000 ppm 以上であ

り (田中ら, 1983)、赤かび病菌の *F. nivale* の耐性菌も MIC が 50,000 ppm 以上の高度耐性菌であって、道東部に広く分布していた。なお、同菌の感受性菌の MIC をさらに検討する必要があり、その際、チオファネートメチルの希釈は 2 倍系列が望ましい。また、検定用培地調製のときに同剤をオートクレーブしない場合には、テンサイ褐斑病菌その他で報告されているように (山口ら, 1975) 抗菌活性が低く、*F. avenaceum*, *F. graminearum* でも 100 ppm で生育するがあるので、オートクレーブ前に培地に添加する。

3 薬剤の防除効果

F. nivale の耐性菌が優占する圃場では、TM 剤の赤かび病に対する防除効果の低下が認められたが、イミノクタジン酢酸塩液剤、水和硫黄剤及びプロピコナゾール乳剤などは防除効果が高い。コムギの出穂後が冷涼なときには *F. nivale* が優占するので、TM 剤以外の農薬を使用することが望ましい。薬剤の圃場におけるスクリーニングは、赤かび病発生の年次変動が大きいため、判定不能の場合がある。しかし、環境を制御した室内で出穂促進栽培コムギ (内藤ら, 1984) を用いると、耐性菌に対する防除効果の判定が通年可能になると思われる。

引 用 文 献

- 1) 萱場元美・宮島邦之 (1992) : 日植病報 58(1) : 147 (講要).
- 2) _____ら (1993) : 同上 59(1) : 93~94 (講要).
- 3) 宮島邦之・齊藤 泉 (1984) : 同上 50(1) : 97 (講要).
- 4) 内藤秀樹ら (1984) : 九州農試報告 23(3) : 355~386.
- 5) 齊藤 泉ら (1982) : 日植病報 48(1) : 124 (講要).
- 6) _____・宮島邦之 (1984) : 同上 50(1) : 97 (講要).
- 7) SMITH, C. M. et al. (1991) : Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 21: 336~341.
- 8) 田中文夫ら (1983) : 日植病報 49(4) : 565~566.
- 9) 坪木和男 (1984) : 同上 50(1) : 97 (講要).
- 10) _____・青田盾彦 (1986) : 同上 52(1) : 142 (講要).
- 11) 山口武夫ら (1975) : てん菜研究会報 17: 71~79.

(宮島邦之)

—コムギうどんこ病菌—

は じ め に

コムギうどんこ病の防除には、世界的に脱メチル化阻害剤 (DMI) が使用されている。日本でも、コムギの主産地である北海道において、基幹品種の「チホクコムギ」が本病に罹病性であることから、トリアジメホンやプロピコナゾールなどの DMI 剤の使用頻度が高い。

DMI 剤は、その卓越した効果の反面、過度の使用による耐性菌の出現が危惧されている。既に、ヨーロッパの

表-1 コムギ赤かび病菌のチオファネートメチルに対する感受性の比較 (1991)

供試菌種	感受性	供 試 菌株数	菌糸の伸長 (mm) ¹⁾				
			0	1	10	100	1,000 ppm ²⁾
<i>F. nivale</i>		(9)					
訓子府町	耐性菌	3	17	17	17	8	4
小清水町	〃	2	17	17	17	14	3
女満別町	〃	2	17	17	17	12	5
〃	感性菌 ³⁾	2	17	10	0	0	0
<i>F. avenaceum</i>		(17)					
斜里町	感性菌	6	15	10	0	0	0
小清水町	〃	2	15	11	0	0	0
美幌町	〃	4	11	11	0	0	0
女満別町	〃	5	17	13	0	0	0
<i>F. graminearum</i>		(13)					
置戸町	感性菌	2	10	11	0	0	0
端野町	〃	2	17	11	0	0	0
斜里町	〃	2	8	8	0	0	0
美幌町	〃	2	8	8	0	0	0
豊頃町	〃	1	19	13	0	0	0
鹿追町	〃	1	11	11	0	0	0
川西町	〃	1	14	10	0	0	0
池田町	〃	1	16	12	0	0	0
士幌町	〃	1	12	11	0	0	0

¹⁾ : 培養温度は *F. nivale* が 15°C, *F. avenaceum* 及び *F. graminearum* は 25°C で、いずれも 3 日間培養した。

²⁾ : チオファネートメチルを混和した後にオートクレーブした PDA 培地を用いた。

³⁾ : 紅色雪腐病菌を供試した。

ムギ類うどんこ病では、DMI剤に対する耐性菌の発生と防除効果の低下が報告されている (DE WAARD et al., 1986)。

一般に、うどんこ病菌のような絶対寄生菌の薬剤感受性を調べる場合には、温室内で菌株ごとに隔離した条件でポット試験を行っている例が多い。本病でもこの方法を用いた報告がある (DE WAARD et al., 1986; ENISZ, 1988; SCHULZ, 1991 b)。しかし、この方法ではスペースの問題から扱う菌株数に限度があること、環境条件によって菌の薬剤感受性値に変動がみられるなどの問題がある。このため、室内で多数の菌株を扱うことを目的に、コムギの第1葉を切り取って角型シャーレに流した寒天に挿し込み薬剤処理・接種する方法 (SCHULZ, 1991 a) や、試験管内でコムギの根から薬剤を吸収させて試験管の口から菌を接種する方法 (Sozzi et al., 1991) が考案されているが、操作が煩雑であるなどの難点がある。

そこで、筆者ら (1992 a) は、DE WAARD et al. (1986) の方法を改変して、室内で一度に多数の菌株を検定することが可能で、再現性が高く、操作も簡単な薬剤感受性検定方法として、リーフセグメント法を考案した。

本法を用いて、北海道のコムギうどんこ病菌のDMI剤に対する感受性のモニタリングを実施し、良好な結果を得ている (中澤ら, 1992 b)。

1 うどんこ病菌のサンプリング

径 8 cm のスチロール製ポットに、乾熱滅菌した人工培土 (クミアイ粒状培土®) を充てんし、コムギ (品種: チホクコムギ) の種子を 1 ポット当たり 10 粒播種する。播種後、26°C, 10,000 Lux, 16 時間照明下の人工気象器内で 7 日間育苗する (7 日でほぼ第 1 葉が展開する)。外部からのうどんこ病菌の侵入を防ぐため、人工気象器は育苗専用のものを用意し、接種源から隔離した室内に置く。

こうして育成したうどんこ病フリーのチホクコムギ苗をハイブリッドメッキンバッグ HM-1104®((株)ホギメディカル製) に入れてサンプリング圃場に持ち込む。分生胞子を十分に形成したうどんこ病罹病葉を採取して、うどんこ病フリー苗になすりつけて接種する。接種後、メッキンバッグの口を折りたたみクリップなどでとめて、実験室に持ち帰る。罹病葉を採取する方法に代えて、うどんこ病フリーのポット植えチホクコムギ苗を、うどんこ病発生圃場に数日間暴露して、その後回収する方法を探ってもよい。

2 接種源の準備

接種したコムギ苗は、メッキンバッグに入れたまま、20°C, 蛍光灯照明下 (作物体の約 20 cm 上から 20 w 蛍光

灯 2 本により 12 時間/日 照明) に置き、薬剤感受性検定に十分な量の分生胞子形成がみられるまで保持する (平均 10 日間程度)。この段階で十分な量の分生胞子が得られない場合は、現れた病斑を滅菌した筆でかき取り、新たにチホクコムギ苗になすりつけて接種して、病原菌の増殖を図る。

うどんこ病菌の移植作業は原則としてクリーンベンチ内で行う。移植には市販の絵筆を用いるが、サイズとしては 6 号または 4 号が使いやすい。絵筆の滅菌は、先端部 10 cm 程度をエタノールに数分間浸し、クリーンベンチ内でアルミホイルの上で 2 時間以上風乾して十分乾燥していることを確認した後、そのままアルミホイルで先端部 20 cm 程を包んで保存しておく。乾熱滅菌では筆が傷む。オートクレーブでは毛先が濡れて好ましくない。うどんこ病菌は濡れを好まないので、移植作業中もメッキンバッグ内の結露水などで毛先を濡らさないように注意する。

3 薬剤感受性検定方法

- ① 供試植物: うどんこ病フリーで育苗したチホクコムギの第 2 葉の、なるべくよじれの少ない中央部から、長さ 10~15 mm のセグメントを切り取る。1 で述べたサンプリング用のうどんこ病フリーのチホクコムギ苗を同じ条件下でさらに 7 日間 (播種から通算 14 日間) 育苗すると、葉齢は 2.7 葉程度となり、第 2 葉が完全展開する。このときの第 2 葉を用いて筆者は良好な結果を得ている。この時期を過ぎた場合には第 3 葉を用いてもよい。逆に、これより早い時期だと、展葉がまだ十分でないため、葉の幅が狭く、1 枚の葉から得られるセグメントも少ないので、使いにくい。また、第 1 葉はねじれが大きく使いにくい。
- ② 供試薬剤: 原体をメタノールに溶解し (10,000 ppm 程度), -20°C で保存したものを Tween 20 5,000 倍添加蒸留水で希釈して所定の濃度とする。希釈後のメタノールの濃度は 0.1% を超えないようにする。濃度段階は薬剤及び菌株により異なるが、例えば 1 ppm, 0.5 ppm, 0.2 ppm, 0.1 ppm……0.01 ppm のようにとる。Tween 20 を加えるのは、⑤の操作でリーフセグメントを浮遊させるときに、表面張力のためセグメントどうしが重なりあうのを防ぐためである。
- ③ 接種源: 接種 7~10 日後の新鮮な分生胞子。
- ④ 接種方法: リーフセグメントを葉表を上にして、湿った汎紙を敷いたシャーレに並べ、径 15 cm, 高さ 20 cm のアクリル製の円筒内に置き、円筒の上

- からうどんこ病菌の分生胞子を十分に形成している罹病葉（円筒1個当たり6~12枚）を滅菌した筆で軽くたたいて分生胞子を均一に払い落とす。
- ⑤ 薬剤処理方法：所定濃度に調整した薬液を50mm径のシャーレに5mlずつ分注し、これに接種したリーフセグメント5枚を葉表を上にして浮遊させる。この作業を乱雑に行うと、セグメントが水没したり、裏表が逆になったりするので注意する。
- ⑥ 培養条件：上記のシャーレにふたをして、20°C, 3,000~5,000 Lux, 12時間照明下で6日間培養する。
- ⑦ 調査方法：実体顕微鏡下で胞子形成を伴う病斑の面積率を10段階(0を入れると11段階)で調査する。
- ⑧ データの解析：1濃度（シャーレ）につき5枚のリーフセグメントを供試しているので、五つの観測値が得られるが、そのうち最小と最大をカットして中間の三つの値の平均値をその濃度における病斑面積率とする。それによって、薬剤の菌に対する最小生育阻止濃度（MIC）を求め、さらに、無処理の病斑面積率と比較した阻害度を算出して、EC₅₀値（50%阻止濃度）を求める。
- ⑨ 標準菌株：本法は図-1に示すように、きわめて再現性が高いので、菌株の感受性を絶対値としてとらえることが可能であるが、できれば標準菌株を同時に供試することが望ましい。筆者の研究室で

は標準菌株として、以下の4株の単胞子分離菌株を継代保存している。

DMI剤感受性菌株：CH-4-1, 2-2

DMI剤耐性菌株：OB-1-1, R-2

- ⑩ 菌株の保存：2で述べた方法によって、うどんこ病菌の継代は可能である。しかし、この方法では約10日ごとに継代移植が必要である。長期間の保存のためには試験管内で培養し、低温で保存する方法がある（土佐、1989）。

4 検定結果と薬剤の防除効果の関係

1991年に北海道の各地域から採取したコムギうどんこ病菌の中から、代表的な感受性を示すものを用いて、隔離ポット試験を行ったところ、リーフセグメント法によって得られた感受性の差は、ポット試験によるそれとよく一致した（表-1）。

5 留意点

- ① 本サンプリング法で得られた菌株は、個体群であり遺伝的に純系とはいえない。したがって、継代を繰り返すと感受性が変動する可能性がある。このため、薬剤感受性検定には、できるだけサンプリング直後の個体群を用いることが望ましいが、やむをえない場合でも1回の継代にとどめる。

- ② 標準菌株として感受性が一定の菌株を得るために

表-1 感受性の異なるコムギうどんこ病菌に対する2種のDMI剤の防除効果（隔離ポット試験）

濃度 (ppm)	発病度			
	トリアジメホン		プロピコナゾール	
	CH-4	OB-1	CH-4	OB-1
125.00		0.0		0.0
62.50		13.8		0.0
31.25		60.0		0.0
15.63	0.0	87.1	0.0	2.9
7.81	0.0	90.8	0.0	20.0
3.91	0.0		0.0	64.3
1.95	10.8		7.3	
0.98	21.7		8.6	
0.49			11.4	
0	92.3	97.1		
MIC (ppm)	3.9	125	3.9	31.3
Rf ¹⁾	1	32.1	1	8.0
(リーフセグメント法)				
EC ₅₀ (ppm)	0.011	0.32	0.021	0.16
Rf ²⁾	1	29.1	1	7.6

¹⁾：菌株OB-1のMIC/菌株CH-4のMIC

²⁾：菌株OB-1のEC₅₀/菌株CH-4のEC₅₀

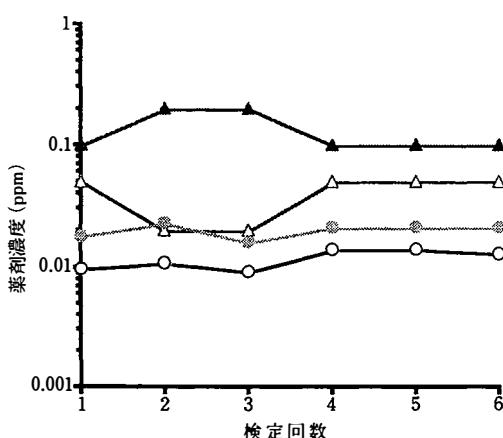


図-1 コムギうどんこ病菌単胞子分離株(2-2)のリーフセグメント法によるDMI剤感受性値の安定性
 —○—：トリアジメホン EC₅₀
 —△—：トリアジメホン MIC
 —●—：プロピコナゾール EC₅₀
 —▲—：プロピコナゾール MIC

は、単胞子分離（土佐, 1989）を行って遺伝的に純系な菌株を得る必要がある。単胞子分離した菌株は継代を繰り返しても、感受性に変化はない。

③ 本検定法は、DMI剤だけでなく、モルホリン系及びピペリジン系殺菌剤やカルベンダジム、エチリモルなどの各種浸透性殺菌剤にも適用できる。

引用文献

1) DE WAARD, M. A. et al. (1986) : Neth. J. Pl. Path.

- 92 : 21~32.
- 2) ENISZ, J. (1988) : Proc. Brit. Crop Prot. Conf.—Pests and Diseases— : 373~378.
- 3) 中澤靖彦ら (1992a) : 日植病報 58 (1) : 99 (講要).
- 4) _____ (1992b) : 同上 58 (4) : 608 (講要).
- 5) SCHULZ, U. (1991a) : Bull. OEPP 21 (2) : 296~298.
- 6) _____ (1991b) : ibid. 21 (2) : 298~301.
- 7) Sozzi, D. et al. (1991) : ibid. 21 (2) : 301~304.
- 8) 土佐幸雄 (1989) : 植物病理学実験マニュアル, 養賢堂, 東京, pp. 110~114.

(中澤靖彦)

人事消息

(7月13日付)

野中和雄氏（農林水産省大臣官房付）は環境庁水質保全局長に

赤木 壮氏（環境庁水質保全局長）は退職

(7月16日付)

早川泰弘氏（種苗課課長補佐（国際班担当））は環境庁水質保全局土壌農薬課課長補佐に

西口正通氏（農業生物資源研分子育種部核外遺伝子研主研）は同研室長に

酒井富久美氏（同上研室長）は出向（京都大学木質科学研究所教授）

(8月1日付)

田中滋郎氏（北農試畑作管理部長）は九州農業試験場長に

岡田利承氏（北農試生産環境部長）は北農試畑作管理部長に

井上隆弘氏（技会事務局研究開発官）は北農試生産環境部長に

桑原真人氏（北農試企画連絡室企画科長）は技会事務局研究開発官に

向居彰夫氏（九州農業試験場長）は退職

水久保隆之氏（農環研環境生物部微生物管理科線虫・小動物研主研）は力農試地域基盤研究部線虫制御研主研に

主な次号予告

次10月号は、下記原稿を掲載する予定です。

特集：施設環境制御と病害防除

施設環境制御による果菜類灰色かび病の防除

入江 和己 岡田清嗣・増田吉彦・佐古 勇

雨よけ栽培による果樹病害の防除——特にブドウ

技膨病防除について——

梶谷 裕二

養液栽培の培養液管理による根部病害の防除

竹内 妙子

根域隔離栽培による土壤病害の防除 上原 洋一

上田 一郎

イネ萎縮ウイルスの全遺伝子構造

わが国におけるクサカゲロウの大量飼育の可能性と

問題点

新島 恵子

ニンジンしみ腐病の発生生態と防除

棚橋 一雄

植物防疫基礎講座

多重比較法とその選び方(3)/ノンパラメトリ

ック検定で用いる多重比較 山村 光司

植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル(5)

ムギ眼紋病菌 竹内 徹

(リレー随筆)気象観測船に乗船して(1)三田 久男

定期購読者以外のお申込みは至急前金にて本会へ

定価 1部 700円 送料 51円

植物防疫

第47卷

平成5年8月25日印刷

第9号

平成5年9月1日印刷

平成5年

9月号

(毎月1回1日発行)

編集人 植物防疫編集委員会

発行人 岩本毅

印刷所 三美印刷(株)

東京都荒川区西日暮里5-9-8

＝禁転載＝

定価 700円 送料 51円

(本体 680円)

平成5年分

前金購読料 7,800円

後払購読料 8,400円

(共に丁サービス、消費税込み)

発行所

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号170

社団 法人 日本植物防疫協会

電話・東京(03)3944-1561~6番

振替 東京1-177867番

しつこい害虫も即OK! ミナミキイロアザミウマ、コナガ、ネギハモグリバエ等 難防除害虫に卓効!

オンコル[®] 粒剤 5

特長

- 1 浸透移行性：速やかに浸透移行し、植物全体を害虫から守ります。
- 2 残効性：残効期間が長いので、薬剤散布回数を減らすことが出来ます。
- 3 広い殺虫スペクトル：広範囲の害虫に効果を示し、一剤で同時防除が出来ます。
※新たにキスジハムシ、アオムシ、アブラムシ等の害虫にも、登録が
拡大され更に使い易くなっています。



大塚化学株式会社

大阪市中央区大手通3-2-27
農薬部／Tel.06(946)6241

効きめ、速攻
環境にやさしい



茶のカンザワハダニ防除に…
MILBEKNOCK

ミルベノック^{*}
乳剤



三共株式会社
東京都中央区銀座2-7-12 〒104
農薬開発普及部

ニコッ。ハハッ。ウフフッの明日へ。



(除草剤) MO粒剤-9・ショウロンM粒剤・シンザン粒剤
(殺虫剤) トレボン粒剤・トレボン粉剤ロL・トレボン乳剤・トレボン水和剤・トレボンエアー
トレボンサーフ・オフナックM粉剤ロL
(殺菌剤) ネビジン粉剤 (殺虫・殺菌剤) ドロクロール・クロールピクリン

地球サイズで考えて
三井東圧化学
東京都千代田区霞が関3-2-5
TEL 03(3592)4616

頼・り・に・な・り・ま・す

ベフラン[®] 液剤25 塗布剤3 ディクタジン[®] 塗布剤

- 耐性菌に対して有効で、すぐれた予防効果・残効性があります。
- 経済的で使い易く、殺虫剤との混用が可能です。

- 大切な梨を腐枯病から守ります。
- 固着性・残効性もバツケンです。



ベフラン普及会
クミアイ化学工業株・三共株・八洲化学工業株・サンケイ化学株
事務局 **大日本インキ化学工業株式会社**
東京都中央区日本橋3-7-20 03(5203)7870

植物病害診断キット アラート

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



輸入元 株式会社 トーメン 生物産業部
東京都港区赤坂二丁目14番27号

*ご注文・お問い合わせは
社団法人 日本植物防疫協会 出版部
東京都豊島区駒込一丁目43番11号
TEL:(03)3944-1561~6(内線27~28) FAX:(03)3944-2103

正確・迅速をモットーに 時代のニーズにお応えします。

業務内容

●依頼分析

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

●土壤調査および植生テスト

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

パリノ・サーヴェイ株式会社

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

地質調査業者 質 80-982
計量証明事業 群馬県 環 第17号

農薬に関する唯一の統計資料集。登録のある全ての農薬名を掲載。

農 薬 要 覧

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課 監修

— 1992 年版 —

B6判 704 ページ

定価 5,200 円 送料 サービス
(本体 5,049 円)

一主な目次一

- I 農薬の生産、出荷
種類別生産出荷数量・金額 製剤形態別生産数量・金額
主要農薬原体生産数量 種類別会社別農薬生産、出荷数量など
- II 農薬の流通、消費
県別農薬出荷金額 農薬の農家購入価格の推移 など
- III 農薬の輸出、輸入
種類別輸出数量 種類別輸入数量 仕向地別輸出金額など
- IV 登録農薬
3年9月末現在の登録農薬一覧 農薬登録のしくみなど
- V 新農薬解説
- VI 関連資料
農作物作付(栽培)面積 空中散布実施状況など
- VII 付録
農薬の毒性及び魚毒性一覧表 名簿 登録農薬索引など

- 1991年版—5,000円 送料380円
—1990年版—4,600円 送料380円
—1989年版—4,400円 送料380円
—1987年版—4,223円 送料380円
—1986年版—4,223円 送料380円
—1985年版—4,017円 送料380円
—1983年版—3,296円 送料310円
—1963～82, 84年版—品切絶版

※定価は税込価格です。

お申込みは前金(現金・小為替・振替)で本会へ

★ 日産化学

奏でるのは、
実りの前奏曲
プレリュード



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

適用病害と使用方法

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

実りのプレリュード・種子消毒剤

◎ **SPORTAK[®] 乳剤**

● プロクロラズ~25% SPORTAK[®]

R (はシェーリングアクロカセカルズリミテッド(英國))の登録商標



水稻から園芸までの総合防除に
平成5年の主力ライン・ナップ

いもち病・ムレ苗に

フジワン®

育苗箱施用と本田散布で効果があります。

ウンカ・ヨコバイ類に

アプロード®

省力防除の昆虫成長抑制剤です。

もんがれ病に

モンカット®

治療と予防の唯一粒剤です。

ダニ専科。

ダニトロン®

チクソトロビ一性を有する高品質処方。

弊社の主要製品を
どうぞよろしくお願いします。



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋一丁目2番5号



おいしい笑顔の応援団

人と畠と安心農薬。アグロ・カネショウがお手伝い。



連作障害を
シャット・アウト!!

刺激が少なく、安心して使用できる
土壤消毒剤

® **バスアミド** 微粒剤

®ドイツ国BASF社の登録商標で、
本剤は同社で製造されたものです。

バスアミドはオゾン層にやさしい土壤消毒剤です。



アグロ・カネショウ株式会社
東京都千代田区丸の内3-1-1

長い効きめ、高い効果
クミアイ

アドマイヤー®

箱粒剤 水和剤

1粒剤 粉剤DL



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



JAグループ
農協|全農® 経済連
⑤は全農商標です



自然に学び 自然を守る
クミアイ化学工業株式会社
本社：東京都台東区池之端1-4-26 〒110-91 TEL03-3822-5130

抵抗性誘導型殺菌剤
ORYZEMATE Since 1975

いもち病防除剤の
トップランナー

予防にまさる
防除なし!!

葉いもち、穂いもち、白葉枯病、もみ枯細菌病を完全に抑える!!

オリゼメート粒剤

オリゼメート粒剤普及会 北興化学工業(株)・明治製菓(株) <事務局>明治製菓／東京都中央区京橋2-4-16

昭平平成
一十五四年年
九九八
月月月
九一十五
日日日
第発印
行刷
種
植物防疫
郵
便
回
第一七卷第
物
認
行
九
可
行
号

定価 七〇〇円(本体六八〇円) (送料五一円)