ウンカ疫病菌 (*Erynia delphacis*) に対する殺菌剤の影響

松 井 武 彦

茨城県農業総合センター生物工学研究所

Effects of Fungicides on *Erynia delphacis* Hori (Entomophthorales: Entomophthoraceae). Takehiko Matsui (Plant Biotechnology Institute, Ibaraki Agricultural Center, Iwama, Ibaraki 319-0292, Japan). *Jpn. J. Appl. Entomol.* 43: 1-5 (1999)

Abstract: The effects of ten major fungicides commonly used in paddy fields to control hyphal growth and spore germination of *Erynia delphacis* were examined. All fungicides inhibited both hyphal growth and spore germination of the fungus on the medium. Isoprothiolane inhibited hyphal growth and secondary spore formation even at low concentrations. Spraying isoprothiolane directly onto the green rice leafhopper (*Neophotettix cincticeps*) inhibited fungal growth, but spraying the fungicide onto rice plants, did not inhibit fungal growth. When the fungicide was sprayed on paddy fields, the population of diseased insects decreased. However, the population of the green rice leafhopper increased.

Key words: Entomogenous fungus, *Erynia delphacis*, *Nephotettix cincticeps*, green rice leafhopper, fungicides

緒 言

ウンカ・ヨコバイ類は吸汁害による減収とウイルス病の媒介者として水稻の重要な害虫であることから、毎年防除スケジュールに組み込まれている。秋期に入ると、水田のウンカ・ヨコバイの個体群に対してウンカ疫病菌 (*Erynia delphacis*) が自然発生し、これらの個体群の密度を抑制している (島津, 1976; 李, 1984; Holdom et al., 1989)。一方、いもち病、紋枯病は、水稻の重要病害として殺菌剤による防除が毎年実施されている。天敵微生物の人為的導入、あるいは自然発生を助長させるなどの方法によって害虫類を制御しようとする場合、天敵微生物に対する殺菌剤の影響を明らかにしておく必要がある。西東 (1988, 1994) および西東・藪田 (1996) は施設栽培における *Verticillium lecanii* に対する各種殺菌剤の影響について報告している。水田に用いられた微生物防除法では *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Hirsutella citriformis* (森本, 1954; Rombach et al., 1986a, b) 等の実施例がある。しかし、水田での殺菌剤散布が天敵微生物の自然発生におよぼす影響についての報告はない。本報告では水田での殺菌剤散布がツマグロヨコバイ個体群における *E. delphacis* の発生にどのような影響を与えているのかについて、室内実験と圃場実験により調査し、2, 3の知見を得たので報告する。

本試験にあたり、農業研究センター水田虫害研究室前室長岡田斉夫博士 (現生研機構)、同室長平井一夫博士には立案、実施にあたり助言と便宜をはかっていただいた。東

京農工大大学院農学研究科野瀬友利氏 (現東京都庁) には培地の調整をしていただいた。東北大学農学部教授羽柴輝良博士、茨城県生物工学研究所成澤才彦博士には論文の校閲をしていただいた。深く感謝申し上げる。

材料および方法

1. 殺菌剤添加培地上での *Erynia delphacis* の生育調査

供試した *Erynia delphacis* は農業研究センター谷和原地区水田のツマグロヨコバイ成虫から分離した NED 1 株である。供試した薬剤は、isoprothiolane (40% 乳剤), EDDP (30% 乳剤), IBP (48% 乳剤), fultoranil (25% 水和剤), mepronil (75% 水和剤), pencycron (25% 水和剤), fthalide (50% 水和剤), tricyclazole (75% 水和剤), kasugamycin (2.3% 液剤), validamycin (3.0% 液剤) の10種類であり、培地中の濃度が各薬剤の通常使用濃度 (Table 1), およびその5倍量, 1/5倍量の3段階になるようにした。SDY 培地 (ペプトン 10 g, 酵母エキス 10 g, ブドウ糖 20 g, 寒天 15 g, 蒸留水 1,000 ml) をオートクレーブ滅菌後、培地が固化する直前に各設定濃度になるように薬剤をそれぞれ混和し、直径 9 cm のシャーレに分注し、平板培地を作成した。作成した培地上に、根本培地 (ペプトン 10 g, ブドウ糖 20 g, 寒天 15 g, 粉末卵黄 43 g, 蒸留水 1,000 ml) で1週間増殖させた *E. delphacis* をコルクボーラーで直径 4 mm に打ち抜き、1シャーレあたり4個ずつ静置した。調査は3日後に菌叢の直径を測定することにより行い、薬剤無添加の SDY 培地を対照として用いた。一方、シャーレの蓋の内側ガラス面に培地ごと打ち抜いた

Table 1. Conventional concentration of fungicides commonly used in paddy fields

Fungicide	Ingredient (%)	Formulation	Conventional concentration (ppm)
Isoprothiolane	40	emulsifiable concentrate	400
EDDP	30	emulsifiable concentrate	300
IBP	48	emulsifiable concentrate	480
Fultoranil	25	wettable powder	250
Mepronil	75	wettable powder	600
Pencycron	25	wettable powder	143
Fthalide	50	wettable powder	400
Tricyclazole	75	wettable powder	188
Kasugamycin	2.3	liquid formulation	23
Validamycin	3.0	liquid formulation	40

菌叢をそのまま張り付け、胞子を各培地上に落下させ、2日後の胞子の状態を観察した。各試験は3反復行った。

2. 虫体への殺菌剤散布が *E. delphacis* の発生に与える影響

虫体に付着した殺菌剤が *E. delphacis* の感染、あるいは感染後の発病に対してどのような影響を与えるかを知るため、ツマグロヨコバイの成虫に isoprothiolane 乳剤を散布し、24時間後に *E. delphacis* を24時間接種した。また、*E. delphacis* を1日前（24時間）に接種した感染虫に isoprothiolane 乳剤1,000倍液を散布し、体表面が乾燥した後イネ苗の入った上記ガラスチューブに移し、発病を観察した。対照として、健全虫に薬剤のみを散布した区、薬剤無散布で *E. delphacis* 接種のみの区、薬剤、菌両者無接種区の3区を設定して、1区13頭から18頭を供試し、2反復行った。

虫体への薬剤散布は以下の方法で行った。すなわち、35×32×37 cm の透明アクリル樹脂の容器に成虫を放飼し、供試薬剤の1,000倍液を5 ml 噴霧した後、容器の壁面の薬液を拭い、餌のイネ苗を入れ、虫体の乾くまで24時間放置した。*E. delphacis* の虫体への接種は以下の方法で行った。すなわち、ガラスシャーレの素寒天プレート上に根本培地で培養した菌叢を移植し、移植した素寒天プレートをイネ幼苗の入った直径9 cm、高さ20 cm のガラス容器の上面に反転させてのせ、胞子を落下させた。ツマグロヨコバイの発病調査は接種4日後および6日後に行った。実験は1区9頭から16頭を供試し、3反復行った。

3. イネ株への殺菌剤散布が *E. delphacis* の発生に与える影響

イネ株上に散布した殺菌剤が *E. delphacis* の発生にどのような影響を与えるかを知るため、1/5,000 a ポットに栽培した登熟期のイネに isoprothiolane 乳剤1,000倍液を1株当たり5 ml 噴霧した。散布24時間後に、テトロンゴースの網で頂部を塞いだ直径16 cm、高さ70 cm の塩化ビニール製の円筒で殺菌剤を散布したイネを覆い、ツマグロヨコバイ成虫を放飼した。ツマグロヨコバイ放飼後に *E.*

delphacis の胞子を後述の方法で24時間接種し、6日後に発病を調査した。接種は菌叢を素寒天上に移植したプラスチックシャーレを、円筒の頂部のテトロンゴース網と両面テープで固定し、胞子を落下させる方法で行った。実験は、この他に薬剤を散布したイネに、前もって *E. delphacis* を接種した感染虫を放飼した区、薬剤無散布で *E. delphacis* 接種のみの区、薬剤、菌両者無接種区の3区を設定して、1区13頭から18頭を供試し、2反復行った。

4. 殺菌剤の圃場散布が *E. delphacis* の発生に与える影響

Isoprothiolane 乳剤を水田に散布し、ツマグロヨコバイの個体群密度と *E. delphacis* の自然発生との関係を調査した。1990年9月11日に水戸の茨城県農業試験場圃場（品種：日本晴）において動力噴霧器で1,000倍液を150 l/10 a 散布した。実験は1区2 a、1区制で行った。

ツマグロヨコバイの発生密度調査はすくい取り法で、雨天を避けおおむね7日間隔で行った。直径36 cm の捕虫網を用い、5往復（10回）を1単位として採集されたツマグロヨコバイの個体数を計測した。なお、すくい取りは3反復行った。*E. delphacis* の発病調査はすくい取り調査後のツマグロヨコバイを加湿した黒色濾紙の入ったポリエチレン袋に生きたまま入れて、虫体からの白色の菌糸の伸長、胞子の形成を観察することで行った。発病の観察は採集1日後から7日後まで行い、その間の病死虫数の累積値を採集日の発病虫数とした。

結果および考察

1. 殺菌剤添加培地における *E. delphacis* の生育

イネの主要病害であるもち病および紋枯病防除用の供試10薬剤すべてが、それらを添加した培地上における *E. delphacis* の菌糸の伸長を抑制した。供試薬剤中、isoprothiolane 乳剤では、通常使用量の1/5倍量となるような培地に添加した場合でも菌糸の伸長は認められなかった。IBP の添加では低濃度でわずかに伸長が認められ、

通常施用濃度（188 ppm）の tricyclazole の添加の場合では、菌糸の伸長は無処理に比べ15%であった。一方、kasugamycin の通常施用濃度（23 ppm）の添加では、菌糸の伸長は無処理の72.3%と抑制が最も小さかった（Table 2）。

昆虫疫病菌は1次胞子が発芽すると、直接2次胞子を形成する場合と、発芽管を伸長させる場合がある。SDY 培地上に落下させた1次胞子から2次胞子の形成は、無処理区では94%を示したが、発芽管の伸長は認められなかった。Isoprothiolane, IBP, EDDP, mepronil および fultolanil の5薬剤をそれぞれ添加した培地では、全ての濃度で2次胞子の形成は認められなかった。Kasugamycin, validamycin を1/5濃度になるように添加した培地では2次胞子の形成が認められた。Pencycron, fthalide あるいは tricyclazole を通常施用濃度と1/5濃度になるように添加した培地では2次胞子の形成が認められ、pencycron あるいは fthalide を添加した培地では、1次胞子からの発芽管の伸長が認められた。

以上のことから、通常の1/5濃度で *E. delphacis* に対し、もっとも強い抑制効果を示した薬剤は isoprothiolane であり、次に IBP であった。

以降の実験では *E. delphacis* と殺菌剤の培地上での試験結果から、菌糸の伸長、胞子の形成にもっとも影響の大きかった isoprothiolane を用いた。

2. 虫体への殺菌剤散布と *E. delphacis* の発生

薬剤無散布で *E. delphacis* 接種区のツマグロヨコバイの4日後の死亡率は96.3%、胞子形成虫率は80.5%であったのに対して、isoprothiolane 乳剤をツマグロヨコバイの虫体に散布後、*E. delphacis* を接種した区では、4日後の死亡率が45.9%、胞子形成虫率が3.3%であった。しかし、この区は接種の6日後に死亡率100%、胞子形成虫率61.5%となった。Isoprothiolane 乳剤の散布は *E. delphacis* によるツマグロヨコバイの発病率の減少、発病の遅延を引き起こした（Table 3）。*E. delphacis* 無接種で薬剤無散布区の死亡率は4日後3.3%、6日後10%であったのに対して、isoprothiolane 乳剤だけ散布した区では4日後12%、

Table 2. Effects of fungicides on hyphal growth and secondary conidial formation of *Erynia delphacis*

Fungicide	Hyphal growth (%) ^a			Secondary conidial formation (%) ^b		
	Dose			Dose		
	0.2 times ^c	1 time	5 times	0.2 times	1 time	5 times
Isoprothiolane	0	0	0	0	0	0
EDDP	61.6	42.3	18.1	0	0	0
IBP	2.3	0	0	0	0	0
Fultoranil	44.7	42.7	24.6	0	0	0
Mepronil	53.1	43.8	53.1	0	0	0
Pencycron	73.6	50.8	56.7	28.7	22.3	0
Fthalide	63.5	55.4	55.4	53.2	28.6	0
Tricyclazole	73.8	15.0	0	99.0	44.6	0
Kasugamycin	84.6	72.3	63.1	89.9	0	0
Validamycin	68.7	56.9	48.5	64.8	0	0

^a Hyphal growth on medium with fungicide/hyphal growth on medium without fungicide.

^b $\frac{\text{Number of empty spores/number of total spores on medium with fungicide}}{\text{Number of empty spores/number of total spores on medium without fungicide}}$

^c Standard concentration.

Table 3. Effects of isoprothiolane on mortality of *Nephotettix cincticeps* and *Erynia delphacis* when fungicide sprayed on insects

Treatments		No. of tested insects	4 days after treatments		6 days after treatments	
<i>E. delphacis</i>	Isoprothiolane		Mortality (%)	Rate of conidial formation (%)	Mortality (%)	Rate of conidial formation (%)
+	pretreatment ^a	29	45.9	3.3	100	61.5
pretreatment	+	30	100	40	—	—
+	—	39	96.9	80.5	100	82.7
—	+	29	12.0	0	58.5	0
—	—	30	3.3	0	10.0	0

^a Pretreatment performed 24 h earlier.

6日後58.5%を示した。この結果は薬剤そのものが健全虫に影響を与えていると考えられる。一方、*E. delphacis*を前もって接種し、感染させた虫に isoprothiolane 乳剤を散布すると、4日後の死亡率は100%であったが、すでに2日後には73% (22/30頭)の高い死亡率を示した。これら死亡個体の23% (5/22頭)から虫体表面上に菌叢の形成が認められたが、菌叢の形成量は少なく、体表の一部に認められただけであった。

以上のことから、isoprothiolane 乳剤がツマグロヨコバイの虫体に付着すると *E. delphacis* の感染が阻害され、虫体表面上での菌叢の生育も抑制され、胞子の形成量も少なくなると考えられた。

3. イネ株への殺菌剤散布と *E. delphacis* の発生

ポット栽培のイネ株に isoprothiolane 乳剤を散布後、ツマグロヨコバイを放飼し、*E. delphacis* をツマグロヨコバイに接種した区と、薬剤無散布で *E. delphacis* を接種した区との間で、*E. delphacis* の発生率に差は認められなかった。また、薬剤を散布し、*E. delphacis* の感染虫を放飼

した区においても胞子形成虫率が100%になり、発生は抑制されなかった (Table 4)。*E. delphacis* を接種した胞子形成虫の体表面に形成された菌叢は虫体全体を覆い、肉眼観察では薬剤散布区と無散布区で差異は認められなかった。このことから、イネ株に付着した isoprothiolane 乳剤は *E. delphacis* によるツマグロヨコバイの発病を抑制しないと考えられた。

4. 殺菌剤の圃場散布と *E. delphacis* の発生

Isoprothiolane 乳剤を水田に散布し、ツマグロヨコバイの密度と自然発生した *E. delphacis* による死亡率の消長を無散布区と比較した。

圃場における *E. delphacis* の発生は9月3日から観察された。殺菌剤散布7日後に、散布区の *E. delphacis* の発生率は無散布区に比べ低くなり、その後回復した。このことから殺菌剤が *E. delphacis* の発生率に長期間は影響を与えないことが考えられた。しかし、ツマグロヨコバイの密度は殺菌剤散布区で高い傾向が続いた (Fig. 1)。

Table 4. Effect of isoprothiolane on mortality of *Nephotettix cincticeps* and *Erynia delphacis* when fungicide sprayed on rice plants

Treatments		No. of tested insects	4 days after treatments		6 days after treatments	
<i>E. delphacis</i>	Isoprothiolane		Mortality (%)	Rate of conidial formation (%)	Mortality (%)	Rate of conidial formation (%)
+	pretreatment ^a	32	72.0	53.1	90.8	87.9
pretreatment	pretreatment	23	100	100	—	—
+	—	35	63.9	61.0	88.9	80.2
—	—	28	0	0	0	0

^a Pretreatment performed 24 h earlier.

Fig. 1. Populations of *N. cincticeps* and prevalence of *E. delphacis* after spraying fungicide in paddy fields (1990). Number of *N. cincticeps*: ●, control; ▲, fungicide treatment. Prevalence: infected insects/number of *N. cincticeps*: ▨, control; ▤, fungicide treatment. ↓, Fungicide sprayed on field on 11 September.

考 察

水田における殺菌剤の散布はイネ株に広範に付着することを目的に行われるが、同時に、水田内に生息する昆虫類の体表にも付着すると考えられる。*E. delphacis* はウンカ・ヨコバイ類に対して胞子によって感染することから、殺菌剤が胞子の形成を抑制し、殺菌剤散布後の *E. delphacis* の発生率の低下が生じると考えた。

虫体に付着した isoprothiolane は 24 時間後の感染率をやや低下させる程度であったが、感染虫の発病を抑制した (Table 3)。また、イネ株への isoprothiolane の付着は *E. delphacis* の発生にほとんど影響を示さなかった (Table 4)。このことから、イネ株上に付着した胞子による感染は少ないことが推察された。

室内試験の散布結果、ならびに圃場試験で *E. delphacis* の殺菌剤散布区の 7 日後の発生率が大きく減少した後回復したこと (Fig. 1) から、*E. delphacis* に対する殺菌剤散布の影響が長期間持続しているとは考えられないが、秋期の *E. delphacis* の流行期に殺菌剤の散布が行われると *E. delphacis* の発生が減少し、ウンカ・ヨコバイ類の密度抑制を妨げることが示唆された。

西東・藪田 (1996) は *Verticillium lecanii* 製剤に対する殺菌剤の影響を試験しているが、分生子懸濁液と殺菌剤溶液を混和してハウス内で散布している。この分生子の発芽に直接影響する方法でも、薬剤の種類によっては感染率を低下させないことを報告している。また、Stansly et al. (1990) はダイズの食葉性害虫の *Nomuraea rileyi* に対する殺菌剤の散布が菌に対する影響が大きく、圃場の害虫密度を増加させたと報告している。これらの結果は、対象となる菌の種類、殺菌剤の種類によって、それぞれ影響が異なることを示していると考えられる。

今回の試験は、菌に対する抑制力の最も大きかった薬剤の結果であり、他の薬剤では本試験結果より影響が少ないことが推察される。このことから水田における殺菌剤の使用に大きな懸念は無いが、イネいもち病、紋枯病などの防除を目的とした殺菌剤使用にあたっては、殺菌剤の種類、散布時期を考慮しながら、*E. delphacis* によるウンカ・ヨコバイ類の密度の抑制を図る必要があると考える。

摘 要

水田で使用されている主要な殺菌剤 10 種類を SDY 培地に添加し、*Erynia delphacis* の菌糸の伸長、胞子の発芽に対する影響を調査した。その結果、供試薬剤すべてが、

E. delphacis の生育を阻害したが、isoprothiolane の阻害効果が最も大きかった。Isoprothiolane を低濃度 (80 ppm) で添加した培地においては、菌糸の伸長が認められず、2 次胞子の形成も認められなかった。ツマグロヨコバイ成虫の虫体に isoprothiolane 乳剤を散布すると、*E. delphacis* の感染が阻害され、体表面に形成された菌叢も貧弱なものであった。イネ株に isoprothiolane 乳剤を散布した場合には *E. delphacis* の感染および虫体表面の菌叢の形成に影響は認められなかった。

Isoprothiolane 乳剤を水田に散布した場合、*E. delphacis* によるツマグロヨコバイの発病率が無散布区より一時的に低くなる傾向を示した。このことから、殺菌剤の *E. delphacis* の流行期の散布はツマグロヨコバイの密度抑制を阻害する可能性があると考えられた。

引 用 文 献

- Holdom, D. G., P. S. Taylor, R. J. Mackay-Wood, M. E. Ramos and R. S. Soper (1989) Field studies on rice planthoppers (Hom., Delphacidae) and their natural enemies in Indonesia. *J. Appl. Entomol.* 107: 118-129.
- 李 宏科 (1984) 褐稻虱寄生菌一虫霉菌の初歩研究. 昆虫天敵 6: 132-135.
- 森本徳右衛門 (1954) 黒殭病菌によるクロカメムシの防除. 植物防疫 8: 395-397.
- Rombach, M. C., R. M. Aguda, B. M. Shepard and D. W. Roberts (1986a) Entomopathogenic fungi (Deuteromycotina) in the control of the black bug of rice, *Scotinophara coarctata* (Hemiptera: Pentatomidae). *J. Invertebr. Pathol.* 48: 174-179.
- Rombach, M. C., R. M. Aguda, B. M. Shepard and D. W. Roberts (1986b) Infection of rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), by field application of entomopathogenic hyphomycetes (Deuteromycotina). *Environ. Entomol.* 15: 1070-1073.
- 西東 力 (1988) *Verticillium lecanii* 製剤によるワタアブラムシの防除と農薬の影響. 応動昆 32: 224-227.
- 西東 力 (1994) 施設害虫の微生物的防除. 植物防疫 48: 465-468.
- 西東 力・藪田実男 (1996) *Verticillium lecanii* の感染および病死体上の菌糸発育に対する各種殺菌剤の影響. 応動昆 40: 71-76.
- 島津光明 (1976) トビイロウンカから分離した *Entomophthora delphacis* について. 応動昆 20: 144-150.
- Stansly, P. A., G. Jacinto and M. Orellana (1990) Field manipulation of *Nomuraea rileyi* (Moniliales: Moniliaceae): effects of soybean defoliators in coastal Ecuador. *J. Econ. Entomol.* 83: 2193-2195.