

1993-96年における圃場分離イネいもち病菌のイソプロチオラン,IBPおよびEDDPに対する感受性モニタリング

誌名	日本植物病理學會報 = Annals of the Phytopathological Society of Japan
ISSN	00319473
著者名	廣岡,卓 内黒羽子,徹 西口,勉
発行元	日本植物病理學會
巻/号	65巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 61-66
発行年月	1999年2月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



1993～96 年における圃場分離イネいもち病菌のイソプロチオラン、 IBP および EDDP に対する感受性モニタリング*

廣岡 卓**・内黒羽子徹**・西口 勉**

Takashi HIROOKA**, Toru UCHIGUROHANE** and Tsutomu NISHIGUCHI**:
Monitoring Sensitivity of Field Isolates of *Pyricularia oryzae* to
Isoprothiolane, IBP and EDDP from 1993-96

Abstract

From 1993-96, the sensitivity to isoprothiolane in field isolates of *Pyricularia oryzae* was monitored using EC₅₀ values for mycelial growth on agar medium. Sensitivity to organophosphorus tiolate (PTL) fungicides, IBP and EDDP, was also monitored as EC₅₀ values, because mutants resistant to PTL fungicides (*in vitro* mutants) obtained by *in vitro* selection showed resistance to isoprothiolane⁹⁾. EC₅₀ values of isoprothiolane and IBP were compared with those obtained from 1977-83¹⁴⁾. The sensitivity to isoprothiolane apparently fell into one group that was as sensitive as the sensitive stock isolates in each monitoring period. From 1977-83, the sensitivity to IBP was recognized as two groups: One was sensitive, and the other was the moderately resistant (MR) isolates which consisted of a less resistant cluster at a high incidence and a more resistant one at a low incidence. From 1993-96, the sensitivity of isolates belonging to the less IBP-resistant MR cluster increased, but those in the more resistant MR cluster were unchanged. From 1993-96, the sensitivity to EDDP was near that of the sensitive stock isolates. No highly resistant isolates like the *in vitro* mutants were found in the field isolates at both monitoring periods. The difference in the resistance level of IBP-MR isolates and their sensitivity to isoprothiolane and EDDP was not correlated. Preventive foliar applications revealed that IBP-sensitive and -MR isolates were sensitive to isoprothiolane and EDDP both at their practical doses and at half the practical doses. These results suggest that IBP-MR isolates in fields do not show cross-resistance to isoprothiolane and EDDP.

(Received February 5, 1998; Accepted September 18, 1998)

Key words: *Pyricularia oryzae*, fungicide resistance, isoprothiolane, IBP, rice blast, field monitoring.

緒 言

イネいもち病菌 *Pyricularia oryzae* の有機リン剤耐性菌は、1977 年に富山県の圃場で IBP (S-benzyl diisopropyl phosphorothiolate; キタジンP®) 耐性菌がみいだされた⁹⁾ のをはじめとして、多くの地域で確認された^{4,5,17,20)}。In vitro 選抜で得た有機リン剤耐性変異株 (*in vitro* 耐性変異株) はイソプロチオラン (diisopropyl 1,3-dithiolan-2-ylidenemalonate; フジワン®) にも耐性であると報告された⁸⁾ が、圃場から分離された有機リン剤耐性菌の性質は *in vitro* 耐性変異株とは異なり、耐性程度がより低い中等度耐性 (MR) 菌が多く出現していた⁹⁾。薬剤耐性いもち病菌の遺伝学的研究では、イネいもち病菌の交配能の問題からシコクビエいもち病菌が材料とされ、有機リン剤耐性には高

度耐性 (HR) 菌および MR 菌が存在し、HR 菌は 1 つの主働遺伝子 (座) に支配されイソプロチオランにも耐性を示すものが多いが、MR 菌には複数のマイナーな遺伝子 (座) が関与しており、それらのイソプロチオラン感受性は高かったと報告された¹⁹⁾。このように耐性菌の性質は多様であることから、実際の防除上の問題として耐性菌を捉えるためには、圃場に分布している耐性菌の性質を正しく把握することが重要であると考えられた。

圃場に分布している感性菌と MR 菌を区別することは、培地上の菌糸の最低生育阻止濃度 (MIC) 測定だけでは困難であった⁹⁾。そのため、Miyagi *et al.*¹⁴⁾ は 1977～80 年にイソプロチオランと有機リン剤に対する感受性モニタリング時に感受性に関する式によって表す方法を検討した。その結果、イソプロチオランに対する感受性は一群となった

* 本報の一部は日本植物病理学会大会 (1995 年 4 月) で発表した。

** 日本農薬株式会社総合研究所 Nihon Nohyaku Co., Ltd., Research Center, 345 Oyamada-cho, Kawachi-nagano 586-0094, Japan

が IBP に対する感受性は感性菌と MR 菌の 2 群に分れ、この方法による感受性判定がポット試験による防除効果を反映していることが明らかになった。さらに、圃場分離株を対象に、薬剤代謝能等の生化学的性質の解析¹⁵⁾、薬剤感受性の異なる菌株間の競合力を表す relative parasitic fitness (寄生的適応性)¹⁶⁾ を比較検討した結果、圃場に存在する MR 菌は *in vitro* 耐性変異株とは異なる性質を示した。

薬剤感受性モニタリングは継続的に行い、感受性のベアスラインと比較しながらその推移を把握しておくことが必要である。そこで、前回の疫学的調査¹⁴⁾ から約 10 年後の 1993～96 年の 4 年間にわたって圃場分離株のイソプロチオランに対する感受性を検定した。同時に、比較対照として有機リン剤の IBP および EDDP に対する感受性も検定した。

材料および方法

菌株 イネいもち病菌の圃場分離株として、1993 年から 1996 年の間に採取した自然発病のイネ穂首から得た 166 菌株を供試した。なお、イネ穂の採取は岩手、秋田、山形、大阪、長崎、鹿児島島の穂いもち防除にイソプロチオラン粒剤を使用した水田を含む圃場から行い、イネ穂首 1 本から単孢子分離によって 1 菌株ずつ分離した。有機リン剤使用以前に分離され感性菌として報告されている北-373 菌株^{9,14)} および類似の感受性である中-65 株を感性菌として用いた。*in vitro* 耐性変異株として、薬剤含有培地上での選抜で得られた北-373vt¹⁴⁾ を供試した。北-373、中-65 および北-373vt 菌株は、1983 年から凍結保存していたものを供試した。

供試薬剤 イソプロチオラン 40%乳剤、IBP48%乳剤、EDDP (S,S-diphenyl ethyl phosphorodithiolate; ヒノザン®) 30%乳剤を用いた。

菌糸生育阻止力検定 前回¹⁴⁾ と同一の方法で検定した。PSA 培地(マッシュポテト 3%, スクロース 3%, 寒天粉末 1.5%) をすべての実験に用いた。滅菌水に 1% になるように加えて希釈した薬剤液を加熱溶解した 15 ml の寒天培地に加え、所定の薬剤濃度に調整した後、直径 9 cm のガラスシャーレに流し込み検定培地とした。薬剤供試濃度は、有効成分で 100, 50, 25, 12.5, 6.25, 3.13, 1.56 ppm とした。あらかじめ PSA 培地で 25°C, 5 日間前培養したいもち病菌菌糸の先端部を、培地ごと直径 4 mm の円盤状にコルクボーラーで切り取り、菌そう面を下にして検定培地上に移して、25°C で培養し、6 日後に菌そう直径を測定して次式から菌糸生育阻止率を算出した。

菌糸生育阻止率 (%) = $[1 - (A - 4) / (B - 4)] \times 100$
ただし、A: 薬剤処理区の菌そう直径 (mm), B: 無処理区の菌そう直径 (mm)。50%生育阻止濃度 (EC₅₀) 値は菌

糸生育阻止率をプロビット値に変換後算出した。各薬剤間の EC₅₀ 値の関係は、回帰直線とその相関係数を算出することにより解析した⁶⁾。相関係数の有意水準は 5%とした。

防除効果試験 イネ (品種: 金南風) を 500 ml プラスチックポットに 4 本を 1 株として 2 株植えし、湛水栽培で 5～6 葉期のものを防除効果試験に供試した。1 区 3 連制、2 反復で行った。1000 倍および 2000 倍希釈に調整した供試薬剤懸濁液 (展着剤特製リノー® 0.03% 添加) をスプレーガン (圧力 0.5 kb/cm³) で 150 l/10a 相当量を供試イネに散布した。散布 2 時間後に V8 寒天培地 (V8 ジュース 25%, 炭酸カルシウム 0.3%, 寒天 1.5%) 上で形成させたいもち病菌分生孢子懸濁液 (孢子濃度約 1×10^5 個/ml) を噴霧接種した。接種後ただちに、22°C, 湿度 99% 以上の湿室に入れて 20 時間保ち、その後は温室内 (20～28°C) に 3～4 日間置いた後、25°C, 湿度 95% 以上の容器内に 2 日間置いて発病させた。接種 7 日後にイネ苗約 20 本の最上位葉および次葉について病斑数を調査し、1 葉当たりの平均病斑数から次式によって薬剤の防除価を算出した。

防除価 = $[1 - (\text{薬剤処理区の 1 葉あたり平均病斑数} / \text{無処理区の 1 葉あたり平均病斑数})] \times 100$

結 果

50%菌糸生育阻止濃度の頻度分布

1993～96 年におけるイソプロチオランおよび IBP の EC₅₀ 値の頻度分布を Fig. 1 に示し、前回 1977～83 年のモニタリング結果¹⁴⁾ と比較した。イソプロチオランの EC₅₀ 値はいずれの時期のモニタリング結果とも、7 ppm 以下の範囲にあり、3～4 ppm を中心とする一峰性を示し、感受性の対照菌株として用いた中-65 および北-373 菌株の感受性レベルと同程度であった。一方、IBP の EC₅₀ 値は、1977～83 年の調査で 2～6 ppm の感性菌と 7～19 ppm の幅広い範囲に分布する MR 菌との 2 群に分けられた。さらに MR 菌は、耐性程度が低く分離頻度の高い 11 ppm をピークとする 7～13 ppm の範囲に分布する集団と、耐性程度が高く分離頻度が低い 14～19 ppm の範囲に分布する集団からなっていた。供試した感性菌に対する EC₅₀ 値は 3～4 ppm であることから、耐性程度の低い MR 菌は約 3 倍、耐性程度の高い MR 菌は約 5 倍耐性であった。1993～96 年のモニタリング結果では IBP に対する感受性には変化が認められ、耐性程度の低い MR 菌のピークが 8 ppm へと移動し IBP に対する感受性が高まったが、耐性程度の高い MR 菌は低い分離頻度のまま EC₅₀ 値は 14～21 ppm の範囲に留まっていた。しかし、いずれのモニタリング時期でも、*in vitro* 耐性変異株 (IBP の EC₅₀ 値 35 ppm 以上)¹⁴⁾ のような高度耐性を示すものは認められなかった。今回のモニタリングでは、有機リン剤に分類される EDDP についても EC₅₀ 値を測定した。その分布は 10 ppm 以下の範囲に

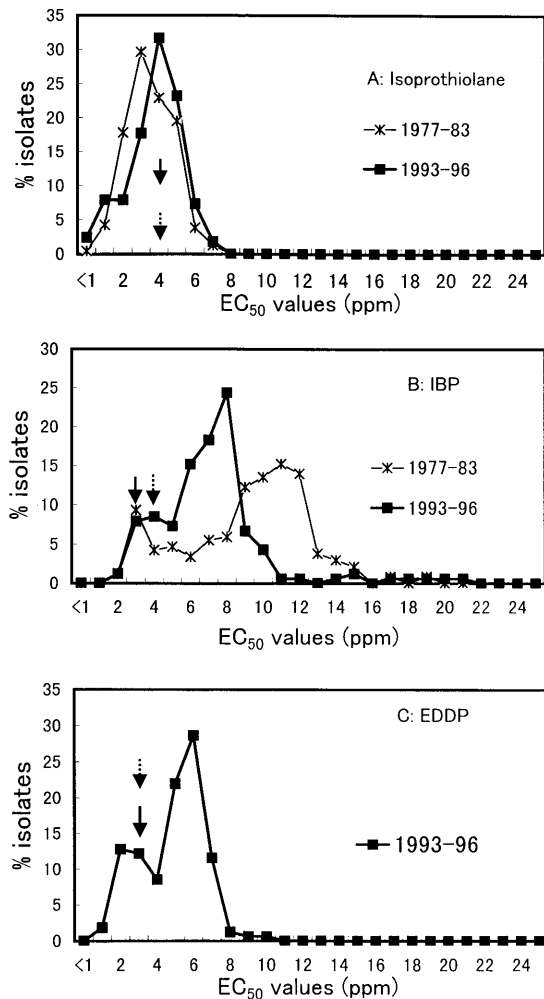


Fig. 1. Sensitivity distribution of field isolates of *P. oryzae* to (A) isoprothiolane, (B) IBP and (C) EDDP, respectively, from 1977-83 (*) and 1993-96 (■) as expressed by EC_{50} values on agar medium, compared with the sensitivity of Naka-65 (arrow) and Hoku-373 (dotted arrow) as sensitive reference isolates. The 1977-83 results were referred to in Miyagi *et al.*¹⁴⁾.

あって 6 ppm をピークとする集団を形成し、感性菌に対する EC_{50} 値 3 ppm の近傍であった。

各薬剤 EC_{50} 値の関係

Fig. 1 に示した 1977~83 年および 1993~96 年のイソプロチオランと IBP の EC_{50} 値の関係を Fig. 2 にプロットした。いずれのモニタリング時期とも、IBP に対する感性 (IBP-S) 菌群の中では、イソプロチオランと IBP に対する感受性の間には有意な正の相関関係が認められた。しかし、IBP に対する MR (IBP-MR) 菌群の中では、IBP の EC_{50} 値が高くなってもイソプロチオランの EC_{50} 値は一定の範囲内に留まり、それらの EC_{50} 値の間に有意な相関関係は認められなかった。また、*in vitro* 耐性変異株は、圃場分離株の群と大きく異なる位置にあった。次に Fig. 1 に示した 1993~96 年の EDDP と IBP の EC_{50} 値の関係を Fig.

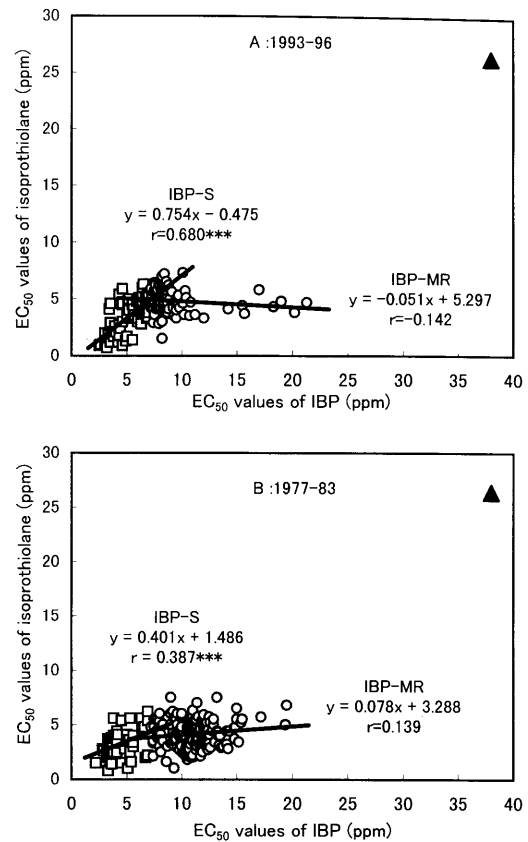


Fig. 2. Relationship of sensitivity of field isolates of *P. oryzae* to isoprothiolane and IBP as expressed by EC_{50} values on agar medium from (A) 1993-96 and (B) 1977-83. The data in Fig. 2 refers to that in Fig. 1. The 1977-83 results were referred to in Miyagi *et al.*¹⁴⁾. Relationship was assessed by calculating linear regression with a correlation coefficient⁶⁾. Regression lines were obtained for IBP-S and IBP-MR isolates. Values of $p < 0.05$ were considered significant. □, IBP-S isolates; ○, IBP-MR isolates; ▲, Hoku-373vt obtained by *in vitro* selection of mutant.

3 にプロットした。IBP-S 菌群の中では、EDDP と IBP の EC_{50} 値の間には有意な正の相関関係が認められたが、IBP-MR 菌群の中では、それらの間に有意な相関関係は認められなかった。Fig. 1 に示した 1993~96 年のイソプロチオランと EDDP の EC_{50} 値の関係を Fig. 4 にプロットした。IBP-S 菌群および IBP-MR 菌群のいずれにおいても、イソプロチオランと EDDP に対する EC_{50} 値の間に有意な正の相関関係が認められた。

幼苗検定による防除効果

IBP-S 菌および IBP-MR 菌を含む 6 菌株と対照の感性菌 1 株について薬剤の予防散布による防除効果試験を行った結果を Table 1 に示した。いずれの菌株に対してもイソプロチオランおよび EDDP は高い防除効果を示し、常用濃度およびその半薬量付近では防除効果の低下は認められなかった。一方、IBP-S 菌と IBP-MR 菌に対する IBP の

Table 1. Control efficacy of protective foliar application of isoprothiolane, IBP and EDDP against rice blast inoculated with field isolates of *P. oryzae* including IBP-sensitive (S) and -MR isolates

Isolate ^{a)}	Control (%) ^{b)}						EC ₅₀ values (a.i., ppm) on agar medium		
	Isoprothiolane		IBP		EDDP		Isoprothiolane	IBP	EDDP
	400 ^{c)}	200	480	240	300	150			
24	99	86	72	48	99	92	3.7	15.7	6.8
25	96	86	82	54	99	87	5.8	17.0	6.0
26	97	96	64	25	99	90	4.3	18.3	7.7
217	99	92	87	64	99	95	3.6	11.2	6.7
11	99	96	94	77	99	92	5.0	9.5	6.2
29	99	96	99	94	99	97	3.8	6.5	3.9
Naka-65	100	99	100	99	100	99	4.1	3.4	3.2

a) IBP-S isolates: 29, Naka-65; IBP-MR isolates: 24, 25, 26, 217, 11.

b) Control (%) = $[1 - (\text{mean number of lesions/leaf on treated plants}) / (\text{mean number of lesions/leaf on non-treated plants})] \times 100$

Rice plants were inoculated 2 hours after fungicide application. Control efficacy was assessed 6-7 days after inoculation.

c) Concentration of fungicides (a.i., ppm).

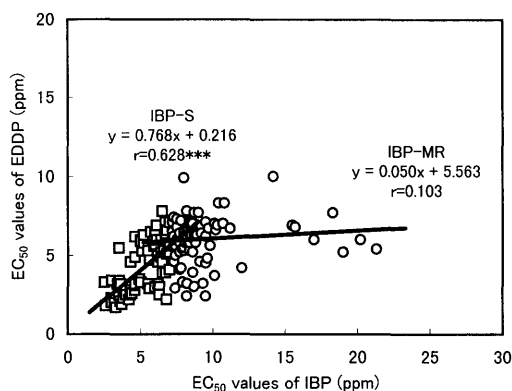


Fig. 3. Relationship of sensitivity of field isolates of *P. oryzae* to EDDP and IBP as expressed by EC₅₀ values on agar medium from 1993-96. The data in Fig. 3 refers to that in Fig. 1. Relationship was assessed by calculating linear regression with a correlation coefficient⁶⁾. Regression lines were obtained for IBP-S and IBP-MR isolates. Values of $p < 0.05$ were considered significant. □, IBP-S isolates; ○, IBP-MR isolates.

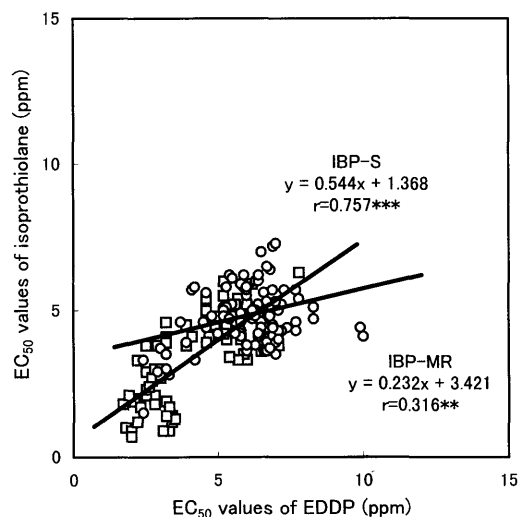


Fig. 4. Relationship of sensitivity of field isolates of *P. oryzae* to isoprothiolane and EDDP as expressed by EC₅₀ values on agar medium from 1993-96. The data in Fig. 4 refers to that in Fig. 1. Relationship was assessed by calculating linear regression with a correlation coefficient⁶⁾. Regression lines were obtained for IBP-S isolates and IBP-MR isolates, respectively. Values of $p < 0.05$ were considered significant. □, IBP-S isolates; ○, IBP-MR isolates.

防除効果は異なり、IBP-MR 菌に対する防除効果の低下が認められた。

考 察

in vitro における薬剤感受性検定法として、有機リン剤およびイソプロチオランに関して MIC は必ずしも適切ではないことが報告された^{9,14)}。そこで、1993~96 年におけるイソプロチオラン、IBP および EDDP に対する感受性を把握するにあたって、イソプロチオランおよび IBP の防除効果試験結果をよく反映していた薬剤感受性に関する式¹⁴⁾ から算出される EC₅₀ 値を求め、薬剤感受性を EC₅₀ 値によってモニターした (Fig. 1)。イソプロチオランおよび IBP に対する感受性については、今回の結果と 1977~83 年の結果¹⁴⁾ を比較し、両モニタリング時期の感受性変動を

比較した。また、IBP-S 菌および IBP-MR 菌を含む数菌株について、予防的散布による防除効果試験を常用濃度およびその半薬量散布により行った (Table 1)。その結果、いずれのモニタリング時期とも、圃場分離株に対するイソプロチオランの EC₅₀ 値は感性菌と同程度の感受性の同一グループに属してほとんど変化しておらず、イソプロチオランの防除効果は感性菌と同程度であった。一方、IBP の EC₅₀ 値には変化が認められた。すなわち、1977~83 年には、7~19 ppm の範囲に広く分布し、用いた感性菌より約 3 倍耐性で分離頻度の高い MR 菌と約 5 倍耐性で分離頻度

の低い MR 菌が分離されていたが、1993～96 年には MR 菌のうち耐性程度が低い菌の集団の感受性は対照に用いた感性菌に比べて約 2 倍低下しているに過ぎず、感受性の回復傾向が認められた。耐性程度が高い MR 菌は耐性レベルに変化なく低頻度で分離され、常用濃度およびその半薬量散布で防除効果の低下が認められた。今回のモニタリングでは EDDP も供試したが、菌の集団に対する EDDP の EC_{50} 値は感性菌のその近傍にあり、常用濃度およびその半薬量散布の防除効果は感性菌と同程度に高く、1993～96 年圃場分離菌株の EDDP に対する感受性は感性菌の範囲内にあると考えられた。これらの結果から、圃場分離株の各薬剤に対する反応が一樣ではないことが示唆された。

有機リン剤およびイソプロチオランの使用中止後、IBP-MR 菌の分離株率が低下することが報告された³⁾。本報告ではイソプロチオラン粒剤使用圃場から採集された菌株の感受性もモニターしていることから、耐性程度の低い IBP-MR 菌の感受性の回復は、ここ 10 年間の IBP 総使用量の減少と関連しているのかもしれない。Miyagi *et al.*¹⁶⁾ は、圃場分離菌株の寄生的適応性について Mackenzie¹²⁾ の数式により算出した。その結果、耐性程度の高い IBP-MR 菌は適応性が高く薬剤淘汰圧が低くても密度が変化しないと推測され、本報告の結果と一致していた。感受性回復が認められた耐性程度の低い IBP-MR 菌については、その寄生的適応性が未検討のため、今後の検討課題として残された。

Fig. 1 の結果をもとに各薬剤の EC_{50} 値の関係について解析した (Fig. 2～4)。イソプロチオランと IBP の EC_{50} 値の関係 (Fig. 2) および EDDP と IBP の EC_{50} 値の関係 (Fig. 3) は、圃場分離菌株が相関関係の異なる 2 つの集団から構成されていることを示していた。すなわち、IBP-S 菌の IBP 感受性とイソプロチオランおよび EDDP に対する感受性との間に有意な相関関係が認められたが、IBP-MR 菌の耐性程度の違いとイソプロチオランおよび EDDP に対する感受性との間に相関は認められなかった。なお、Fig. 2 および Fig. 3 に示された関係は、ひとつの相関係数で表すのには適さない関係⁶⁾ と判断された。一方、IBP-S 菌および IBP-MR 菌のイソプロチオランに対する感受性と EDDP に対する感受性との間に有意な正の相関関係が認められた (Fig. 4)。圃場分離株のイソプロチオランおよび EDDP に対する感受性が対照に用いた感性菌と同程度あるいは近傍という結果 (Fig. 1 および Table 1) と考え合わせれば、この正の相関関係は感性菌の範囲内のものと考えられた。

イソプロチオランの作用機構の中に、いもち病菌のホスファチジルエタノールアミンからホスファチジルコリン (PC) へのメチル化阻害、キチン以外の細胞壁多糖成分の生合成への影響、さらにはステロール代謝系への影響があ

ることが報告された^{1,7)}。一方、IBP はいもち病菌の PC 生合成およびキチン合成を阻害すること^{10,13)}、EDDP もいもち病菌の PC 生合成を阻害すること¹¹⁾が報告された。EDDP はキチン合成酵素活性阻害によって直接的にいもち病菌のキチン合成を阻害し、かつ PC 生合成阻害によって非直接的にキチン合成を阻害するが、極めて低濃度で PC 生合成が阻害されることがいもち病菌の EDDP に対する感受性に関連していることから、いもち病菌における EDDP の第一次作用点は PC 生合成阻害と推論された²⁾。このようにいずれの薬剤とも PC の減少を介して膜リン脂質組成に影響を与えるとともに正常な細胞壁合成を阻害するであろうという共通点を有することが、IBP-S 菌の各薬剤に対する感受性間での高い相関性に、さらには IBP-MR 菌のイソプロチオランおよび EDDP に対する感受性間での高い相関性に関連している可能性は十分に考えられた。

IBP-MR 菌は IBP をきわめて速やかに分解し、耐性機構が IBP の解毒と推察されるが、イソプロチオランをほとんど分解しなかったと報告された¹⁵⁾。IBP-MR 菌の IBP とイソプロチオランに対する代謝能の違いは、IBP-MR 菌の耐性程度の違いとイソプロチオランに対する感受性との相関しないという結果 (Fig. 2) と整合性があった。また、IBP-MR 菌の耐性程度の違いと EDDP に対する感受性との相関しないこと (Fig. 3) から、IBP-MR 菌による EDDP の代謝能に関しても検討する必要性が示唆された。

本報告の結果から、圃場から分離された IBP-MR 菌は、*in vitro* 耐性変異株と異なり、イソプロチオランおよび EDDP に対して交差耐性を示さないことが示唆された。Staub¹⁸⁾ は、室内耐性菌と圃場から分離される耐性菌とは性質がかなり異なることから、耐性を圃場耐性と室内耐性に分けて定義し、耐性菌対策を考慮する場合、圃場耐性を重要視することを提案した。本報告も含めた有機リン剤耐性菌に関する疫学的調査結果^{9,14)} もその定義を支持するものであった。

摘 要

1993～96 年の 4 年間にわたって、イソプロチオラン粒剤使用田を含む圃場から分離したイネいもち病菌について、イソプロチオランに対する感受性を 50% 菌糸生育阻止濃度 EC_{50} 値によってモニターした。実験室内の選抜で得られた有機リン剤 *in vitro* 耐性変異株はイソプロチオランにも耐性であることが報告されている⁸⁾ ことから、IBP および EDDP に対する感受性についても EC_{50} 値によってモニターした。イソプロチオランおよび IBP の EC_{50} 値については、1977～83 年のモニタリング結果¹⁴⁾ と比較し、両モニタリング時期の感受性の変動を比較した。イソプロチオランに対する感受性は、両時期とも明瞭な一峰性を示し、対照に用いた感性菌と同程度の感受性レベルであった。

1977～83年におけるIBPに対する感受性から、IBPでは感性菌とMR菌の二群に分けられた。さらに、MR菌は耐性程度が低く分離頻度の高い集団と耐性程度が高く分離頻度が低い集団からなっていた。1993～96年には、耐性程度が低いMR菌のIBPに対する感受性が高まっていたのに対して、耐性程度が高いMR菌の耐性度は変わらなかった。一方、1993～96年におけるEDDPに対する感受性は、対照の感性菌の近傍であった。*in vitro*耐性変異株のような高度耐性菌は、いずれのモニタリング時期でも圃場からは分離されなかった。IBP-MR菌の耐性程度の違いとイソプロチオランおよびEDDPに対する感受性との間に相関は認められなかった。薬剤の予防的散布による防除効果試験によって、IBP-S菌およびIBP-MR菌に対して、常用濃度およびその半薬量散布ではイソプロチオランおよびEDDPの防除効果の低下は認められなかった。これらの結果から、圃場から分離されたIBP-MR菌は、イソプロチオランおよびEDDPに対して交差耐性を示さないことが示唆された。

引用文献

1. 荒木不二夫・深田 稔 (1981). イソプロチオランの作用点と作用機構. 農薬誌 6: 356-357.
2. Binks, P.R., Robson, G.D., Goosey, M.W. and Trinci, A. P.J. (1993). Inhibition of phosphatidylcholine and chitin biosynthesis in *Pyricularia oryzae*, *Botrytis fabae* and *Fusarium graminearum* by edifenphos. J. Gen. Microbiol. 139: 1371-1377.
3. 深谷富夫 (1987). 有機燐系殺菌剤及びイソプロチオラン剤の使用中止後のIBP耐性イネいもち病菌の動向. 日植病報 53: 400 (講要).
4. 郷 直俊・矢尾板恒雄・青柳和夫・大崎正雄・池田宇一・桜井 寿 (1977). 新潟県における薬剤耐性イネいもち病菌の出現とその分布. 北陸病虫研報 25: 58-60.
5. 飯島章彦・寺沢 祖・安坂茂芳 (1981). 薬剤耐性イネいもち病菌に関する研究 (第1報) 長野県におけるIBP耐性菌の分布. 北陸病虫研報 29: 68-71.
6. 石居 進 (1975). 生物統計学入門, 培風館, 東京, pp. 196-212.
7. Kakiki, K. and Misato, T. (1979). Effects of isoprothiolane on the uptake of sugar and fungal morphology. J. Pesticide Sci. 4: 129-135.
8. Katagiri, M. and Uesugi, Y. (1977). Similarities between the fungicidal action of isoprothiolane and organophosphorus thiolate fungicides. Phytopathology 67: 1415-1417.
9. Katagiri, M., Uesugi, Y. and Umehara, Y. (1980). Development of resistance to organophosphorus fungicides in *Pyricularia oryzae* in the field. J. Pesticide Sci. 5: 417-421.
10. Kodama, O., Yamada, H. and Akatsuka, J. (1979). Kitazin P, inhibitor of phosphatidylcholine biosynthesis in *Pyricularia oryzae*. Agric. Biol. Chem. 43: 1719-1725.
11. Kodama, O., Yamashita, K. and Akatsuka, J. (1980). Edifenphos, inhibitor of phosphatidylcholine biosynthesis in *Pyricularia oryzae*. Agric. Biol. Chem. 44: 1015-1021.
12. Mackenzie, D.R. (1978). Estimating parasitic fitness. Phytopathology 68: 9-13.
13. Maeda, T., Abe, H., Kakiki, K. and Misato, T. (1970). Studies on the mode of action of organophosphorus fungicide, Kitazin. Part II. Accumulation of an amino sugar derivative from Kitazin-treated mycelia of *Pyricularia oryzae*. Agric. Biol. Chem. 34: 700-709.
14. Miyagi, Y., Hirooka, T. and Araki, F. (1983). An approach for grouping field isolates of *Pyricularia oryzae* Cav. on the basis of their sensitivity to fungicides. J. Pesticide Sci. 8: 81-86.
15. Miyagi, Y., Hirooka, T. and Araki, F. (1985). Inhibitory effect of isoprothiolane on metabolism of a phosphoramidate by isolates of *Pyricularia oryzae* Cav. in relation to fungicide sensitivity. Pestic. Biochem. Physiol. 23: 102-107.
16. Miyagi, Y., Hirooka, T. and Araki, F. (1986). Relative parasitic fitness of isolates of *Pyricularia oryzae* Cav. with different sensitivities to fungicides. Pestic. Sci. 17: 653-658.
17. 長田 茂・井上 敏 (1980). 薬剤耐性いもち病菌に関する研究. 1) 宮城県におけるIBP耐性菌の出現と検定方法について. 北日本病虫研報 31: 18-19.
18. Staub, T. (1991). Fungicide resistance: Practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. Annu. Rev. Phytopathol. 29: 421-442.
19. Taga, M., Waki, M., Tsuda, M. and Ueyama, A. (1982). Fungicide sensitivity and genetics of IBP-resistant mutants of *Pyricularia oryzae*. Phytopathology 72: 905-908.
20. 高松 進 (1981). 福井県におけるIBPおよびカスガマイシン耐性いもち病菌の発生状況. 北陸病虫研報 29: 64-67.