

Mise en évidence d'une similitude d'action fongicide entre le fenpiclonil, l'iprodione et le tolclofos-méthyl

P Leroux

INRA, station de phytopharmacie, route de Saint-Cyr, 78026 Versailles, France

(Reçu le 6 décembre 1990; accepté le 19 décembre 1990)

Résumé — Le fenpiclonil est un nouveau fongicide de la famille des phénylpyrroles. Chez *Botrytis cinerea* son effet fongitoxique est similaire à celui de l'iprodione au moment de la germination des spores. Par ailleurs, il existe une résistance croisée entre le fenpiclonil, l'iprodione et le tolclofos-méthyl chez certaines souches de ce parasite ainsi que chez *Penicillium expansum* et *Pseudocercospora herpotrichoides*. Ces résultats suggèrent que les dicarboximides comme l'iprodione, des dérivés aromatiques comme le tolclofos-méthyl et des phénylpyrroles comme le fenpiclonil ont le même mode d'action biochimique chez les champignons.

dicarboximide / phénylpyrrole / résistance / *Botrytis cinerea* / *Penicillium expansum* / *Pseudocercospora herpotrichoides*

Summary — Similarity between the antifungal activities of fenpiclonil, iprodione and tolclofos-methyl. Fenpiclonil is a new phenylpyrrole fungicide which in *Botrytis cinerea* during spore germination, has a fungitoxic effect similar to that produced by iprodione. Moreover, a positive cross-resistance is observed between fenpiclonil, iprodione and tolclofos-methyl in some strains of the *B. cinerea* and also in *Penicillium expansum* and *Pseudocercospora herpotrichoides*. Such results suggest that dicarboximides like iprodione, aromatic derivative such as tolclofos-methyl and phenylpyrroles like fenpiclonil have a similar biochemical mode of action in fungi.

dicarboximide / phenylpyrrole / resistance / *Botrytis cinerea* / *Penicillium expansum* / *Pseudocercospora herpotrichoides*

INTRODUCTION

Le fenpiclonil ou CGA 142705 [4-(2,3-dichlorophényl)pyrrole-3-carbonitrile] est un fongicide récemment développé en traitements de semences des céréales pour combattre *Fusarium nivale*, *Tilletia caries*, *Septoria nodorum*, *Pyrenophora graminea* et *Pyrenophora teres*. Sur d'autres cultures il serait actif vis-à-vis de *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* spp et *Aschochyta* spp (Nevill *et al*, 1988). Un autre phénylpyrrole : le CGA 173506 [4-(2,2 difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl) pyrrole-3-carbonitrile] présente des propriétés similaires au fenpiclonil en traitements de semences et il est, en outre, applicable en cours de végétation contre des champignons appartenant aux genres *Botrytis*, *Monilinia* et *Sclerotinia* (Gehmann *et al*, 1990). Ces 2 fongicides "phénylpyrroles" synthétiques sont des analogues structuraux d'un antibiotique : le pyrrolnitrin isolé de *Pseudomonas pyrocinia* et utilisé comme antimycotique chez les animaux (Lyr, 1977).

Les spectres d'activité de ces fongicides phénylpyrroles étant relativement voisins de ceux de

la famille des dicarboximides (iprodione, procymidone, vinchlozoline, ...) et de certains dérivés aromatiques (dicloran, quintozone, tolclofos-méthyl, ...) (Leroux et Fritz, 1984), il est possible d'imaginer que tous ces fongicides ont un même mode d'action. Divers essais ont été conduits avec le fenpiclonil, l'iprodione et le tolclofos-méthyl sur *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum* et *Pseudocercospora herpotrichoides* afin de vérifier cette hypothèse.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Parmi les 17 souches de *B. cinerea* étudiées, 5 (BS) étaient sensibles aux dicarboximides, 10 (Br) issues du vignoble champenois étaient moyennement résistantes aux dicarboximides et 2 (BR) correspondaient aux mutants SUG2 et SUG8 induits en laboratoire en présence d'iprodione (Leroux *et al*, 1978). Chez *P. expansum* les essais ont porté sur 2 souches sensibles (PS) à l'iprodione et sur 2 mutants (PR) induits en laboratoire, dont POG2 décrit par Leroux *et al* (1978).

Quant aux 12 souches (types HS, Hr1 ou Hr2) de *P herpotrichoides*, elles présentaient une croissance rapide et avaient été isolées en France sur blé tendre d'hiver (Leroux et Gredt, 1989).

Le fenpiclonil, l'iprodione et le tolclofos-méthyl, présentés sous forme de produits techniques, nous avaient été aimablement fournis respectivement par Ciba-Geigy Agro (Bâle, Suisse), Rhône-Poulenc Agro (Lyon, France) et Sumitomo Chemical (Osaka, Japon).

L'effet des fongicides sur la croissance mycélienne des diverses souches de champignons cultivées sur milieu gélosé a été étudié selon la méthode de Leroux *et al* (1978). Les diverses notations obtenues dans ces essais ont permis d'estimer les concentrations en fongicide inhibant de 50% (CI_{50}) la vitesse de croissance mycélienne. Les niveaux de résistance ont été ensuite calculés en faisant les rapports des CI_{50} obtenues respectivement sur souches résistantes et sensibles. Chez *B cinerea*, des essais ont de plus été conduits pour déterminer les concentrations inhibant de 50% la germination des spores ou l'élongation des filaments germinatifs (Leroux et Gredt, 1989).

RÉSULTATS

Chez les souches de *B cinerea* sensibles aux dicarboximides, le fenpiclonil et l'iprodione inhibent à la fois la germination des spores et l'élongation des filaments germinatifs, ce dernier processus étant toutefois le plus sensible à ces 2 fongicides (tableau I). Les filaments germinatifs des spores

traitées par le fenpiclonil, l'iprodione ou le tolclofos-méthyl apparaissent plus ramifiés et plus trapus que ceux issus de spores non traitées; parfois à des doses sublétales, ces filaments éclatent. Par ailleurs, dans ces essais sur spores comme dans ceux sur mycélium, le fenpiclonil présente une fongitotoxicité environ 20 fois supérieure à celle de l'iprodione (tableau I).

Les mutants de *B cinerea* et *P expansum* fortement résistants à l'iprodione, le sont également vis-à-vis du fenpiclonil et du tolclofos-méthyl.

Cette résistance croisée positive est également clairement observée parmi des souches naturelles de *P herpotrichoides*. Par contre, chez *B cinerea* les souches issues du vignoble et présentant des niveaux de résistance compris entre 10 et 20 vis-à-vis de l'iprodione sont peu ou pas résistantes au fenpiclonil et au tolclofos-méthyl (tableaux I et II).

DISCUSSION

La similitude des effets fongitoxiques du fenpiclonil, de l'iprodione et du tolclofos-méthyl au moment de la germination des spores de *B cinerea*, de même que la résistance croisée positive observée entre eux chez divers champignons, suggèrent que ces 3 fongicides possèdent un même mode d'action. Ce dernier reste toutefois inconnu car jusqu'à maintenant l'ensemble des travaux réalisés sur les dicarboximides (dont un représentant est l'iprodione) et les dérivés aromatiques (dont un représentant est le tolclofos-méthyl) n'ont pu aboutir (Leroux et Fritz, 1984). Parmi les hypothèses avancées, celle d'une in-

Tableau I. Effet de fongicides sur diverses souches de *Botrytis cinerea*.

Fongicide	CI_{50} ^a en mg/l des souches sensibles BS (5) ^c			Niveaux de résistance ^{a,b} des souches résistantes		
	spores	filaments	mycélium	Br1 (8) ^c	Br2 (2) ^c	BR (2) ^c
Fenpiclonil	0,1 [0,08–0,13]	0,02 [0,01–0,03]	0,008 [0,006–0,1]	1,1 [0,8–1,4]	4,5 [4–5]	1 250 [1 000–1 500]
Iprodione	1,5 [1–2]	0,4 [0,3–0,7]	0,2 [0,15–0,3]	11 [10–13]	16 [15–17]	> 250
Tolclofos-méthyl	> 50	1,5 [1–2]	0,8 [0,5–1]	1,2 [0,6–2]	4,2 [4–4,5]	> 62

^a : les valeurs extrêmes observées correspondent aux nombres entre crochets. ^b : les niveaux de résistance sont estimés à partir des essais sur la croissance mycélienne; ^c : nombre de souches étudiées par catégorie.

Tableau II. Effet de fongicides sur la croissance mycélienne de diverses souches de *Penicillium expansum* et de *Pseudocercospora herpotrichoides*.

Fongicide	P <i>expansum</i>		<i>Cl</i> ₅₀ mycélium en mg/l ^a		
	PS (2) ^b	PR (3) ^b	HS (4) ^b	P <i>herpotrichoides</i> Hrl (4) ^b	Hr2 (7) ^b
Fenpiclonil	0,4 [0,3-0,5]	10 [7-15]	0,4 [0,3-0,5]	2,5 [2-3]	6 [4-9]
Iprodione	2,0 [1,5-2,5]	> 50	7 [6-8]	22 [20-25]	> 30
Tolclofos-méthyl	4,5 [3-6]	> 50	> 30	> 30	> 30

^a : les valeurs extrêmes observées correspondent aux nombres entre crochets; ^b : nombres de souches étudiées par catégorie.

teraction de ces substances avec des composants membranaires (enzymes ?), entraînant ensuite une peroxydation des lipides, est envisagée par Edlich et Lyr (1987). Ce mode d'action pourrait notamment être à l'origine des altérations morphologiques observées sur les filaments germinatifs chez *B cinerea*. Quant à un effet primaire sur les mitochondries, il semble peu probable (R Fritz, communication personnelle), bien que le pyrrolnitrin soit décrit comme un inhibiteur de la chaîne respiratoire ou un découplant chez divers champignons (Lyr, 1977).

Sous l'angle de la résistance, il est intéressant de souligner la différence de comportement entre, d'une part, l'iprodione et, d'autre part, le fenpiclonil et le tolclofos-méthyl vis-à-vis des souches de *B cinerea* moyennement résistantes aux dicarboximides, détectées dans la nature. En effet si les dicarboximides ne peuvent maîtriser ces souches en pratique, il est possible que le fenpiclonil et plus généralement les phénylpyrroles, du fait des niveaux de résistance faibles, assurent une efficacité correcte; les résultats rapportés avec le CGA 173506 semblent le confirmer (Gehmann *et al*, 1990). Toutefois, chez d'autres parasites, au vu des observations réalisées sur *P herpotrichoides*, le risque de résistance en pratique ne peut être totalement exclu pour ces fongicides phénylpyrroles.

RÉFÉRENCES

- Edlich W, Lyr H (1987) Mechanism of action of dicarboximide fungicides. *In: Modern selective fungicides* (H Lyr, ed), Longman, Londres, 107-118
- Gehmann K, Nyfeler R, Leadbeater AJ, Nevill D, Sozzi D (1990) CGA 173506: a new phenylpyrrole fungicide for bread-spectrum disease control. *Brighton Crop Prot Conf. Pests Dis* 1990, 399-406
- Leroux P, Fritz R (1984) Antifungal activity of dicarboximides and aromatic hydrocarbons and resistance to these fungicides. *In: Mode of action of antifungal agents* (APJ Trinci, JF Ryley, eds) Brit Mycol Soc UK, 207-237
- Leroux P, Gredt M (1989) Negative cross-resistance of benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea*, *Fusarium nivale* and *Pseudocercospora herpotrichoides* to various pesticides. *Neth J Plant Pathol*, 95 suppl 1, s121-s127
- Leroux P, Gredt M, Fritz R (1978) Études en laboratoire de souches de quelques champignons phytopathogènes résistantes, à la dichlozoline, à la dicyclidine, à l'iprodione, à la vinchlozoline et à divers fongicides aromatiques. *Med Fac Landbouww Rijksuniv Gent* 43, 881-889
- Lyr H (1977) Effect of fungicides on energy production and intermediary metabolism. *In: Antifungal compounds* (MR Siegel, HD Sisler, eds) vol 2, M Dekker, New York, 301-332
- Nevill D, Nyfeler R, Sozzi D (1988) CGA 142705: a novel fungicide for seed treatment. *Brighton Crop Prot Conf Pests Dis* 1988, 65-72