

Réaction de certains génotypes de Tournesol résistants au Mildiou (*Plasmopara helianthi*) au test de résistance sur plantule

Felicity VEAR

avec la collaboration technique de Jacqueline PHILIPPON

*Station d'Amélioration des Plantes, I.N.R.A.,
Domaine de Crouelle, 63100 Clermont-Ferrand*

Résumé

Avec certains génotypes de Tournesol ayant un gène de résistance au Mildiou (*Plasmopara helianthi*) une sporulation peut apparaître sur les cotylédons 2 semaines après l'inoculation de graines germées. Cependant, pendant les 2 semaines suivantes, les cotylédons meurent et les plantes, ne montrant plus de symptômes, se développent normalement. Il est donc proposé que le critère de résistance au Mildiou avec le test sur plantule consiste en l'absence de sporulation sur les vraies feuilles.

La pénétrance du caractère « sporulation sur cotylédons » semble incomplète car des lignées et des hybrides F_1 n'ont pas de réactions homogènes. De plus, les réactions de descendance F_2 issues de plantes avec et sans symptômes d'une seule F_1 , ne sont pas différentes.

La sporulation sur cotylédons est la plus fréquente avec le gène Pl_1 mais peut apparaître en présence des autres gènes Pl . Des différences entre lignées ayant le même gène Pl suggèrent que le caractère pourrait être déterminé par d'autres gènes. L'expression du caractère est plus fréquente en présence d'un gène Pl à l'état hétérozygote que quand ce même gène est à l'état homozygote, peut-être à cause d'une épistasie des gènes Pl .

Introduction

La sélection de lignées de Tournesol résistantes au Mildiou (*Plasmopara helianthi* NOV.) et le jugement de la pureté des hybrides issus de parents mâles résistants sont rendus possible par l'emploi d'un test de résistance sur plantules (LECLERCQ *et al.*, 1970). La présence ou l'absence de sporanges sur les cotylédons de plantules âgées de 15 jours était jusqu'ici considérée comme l'indication de la sensibilité ou de la résistance.

Cependant, comme l'a montré ALLARD (communication personnelle, 1976),

la résistance au Mildiou ne réside pas dans la résistance à la pénétration de l'agent pathogène, mais dans la formation, à un niveau variable dans la plante, d'une barrière s'opposant à la progression du champignon. Dans certaines études de résistance employant le test sur plantules nous avons trouvé un excès de plantes sensibles (VEAR, 1973) et selon CUK (communication personnelle, 1975) la sporulation sur les cotylédons ne constitue pas une indication de sensibilité pour certaines lignées.

La présente note a pour but d'exposer les premiers résultats obtenus, dans l'étude de ce problème et de proposer une modification de l'interprétation du test de sensibilité sur plantules qui tienne compte de ces résultats.

Matériel et méthodes

Les lignées de Tournesol font partie de la collection maintenue à Clermont-Ferrand.

Le test de résistance a été décrit en détail par LECLERCQ *et al.*, (1970) et VEAR et LECLERCQ (1971). Il consiste dans le trempage de graines germées depuis 48 h (dont la radicule est visible) dans une suspension de zoosporanges deux jours de suite pendant 3 h chaque jour. Les graines sont ensuite repiquées dans des bacs contenant du terreau, maintenus en chambre climatisée à 17 °C. Deux semaines après, les bacs sont arrosés et recouverts d'une feuille de plastique durant une nuit. Le lendemain on note la présence ou l'absence de zoosporanges sur les cotylédons et les vraies feuilles des plantes.

Résultats et discussion

Le tableau 1 présente une série de résultats concernant des lignées résistantes et des descendances obtenues à partir de croisements entre ces lignées et des lignées sensibles. Dans un certain nombre de cas, nous avons observé des plantules manifestant une sporulation sur les cotylédons seulement, mais pas sur les vraies feuilles (plantes notées « douteuses » dans le tabl. 1). Ces plantes ont été conservées et observées à nouveau deux semaines plus tard. Elles ne présentaient plus de symptômes de Mildiou, les cotylédons étant morts et les vraies feuilles indemnes (fig. 1). La croissance de ces plantes ne différait pas de celle des plantes non inoculées. Les plantes montrant une sporulation seulement sur les cotylédons étaient donc effectivement résistantes. En conséquence, nous proposons que le critère primaire de la résistance soit l'absence de sporulation sur les vraies feuilles. Un critère secondaire, valable plus pour des hybrides vigoureux que pour des lignées plus faibles, consiste en la différence de croissance des plantules. L'infection par le Mildiou réduit très souvent la croissance des plantules sensibles : les feuilles se développent mal et présentent des symptômes de chloroses; au contraire, la croissance des plantes initialement classées comme « douteuses » est beaucoup plus rapide et les feuilles se développent normalement.

Le tableau 1 montre que la réaction de certaines lignées varie d'une inoculation à l'autre et qu'il est rare de trouver 100 p. 100 de plantes présentant des sporanges sur les cotylédons, bien que toutes les plantes d'une lignée ou d'une descendance F₁

TABLEAU I

Réaction de lignées résistantes au Mildiou et de leurs descendance au test sur plantule

Descendance	Gène de résistance	Phénotype sensible	Phénotype résistant		Ségrégation observée
			Douteux	Sans sporulation	
Rha 265	Pl ₁	0	0	22	
Rha 265		0	6	22	
(Cm 35 × Rha 265) F ₁		0	1	14	
(Cm 67 × Rha 265) F ₁		0	17	3	
(Cm 80 × Rha 265) F ₁		0	6	9	
(Cm × Rha 265) F ₂		24	42	27	I s : 3 r
Rha 266	Pl ₁	0	9	20	
(Cm 67 × Rha 266) F ₁		0	20	3	
(Cm × Rha 266) F ₂		10	9	11	I s : 3 r
CAD 61	Pl ₁	0	0	12	
CAD 63		0	2	15	
Zn 41	Pl ₂	0	0	42	
(Cm 35 × Zn 41) F ₁		0	0	18	
(Cm 67 × Zn 41) F ₁		0	0	20	
(Cm 80 × Zn 41) F ₁		0	0	18	
(Cm × Zn 41) F ₂		43	11	167	
Rha 271	Pl ₂	0	2	22	
Rha 271		0	0	21	
(Cm × Rha 271) F ₂		26	0	110	I s : 3 r
HIR 34	Pl ₄	0	0	25	
CHIR 3		0	13	0	
(Cem B.J. HIR 34)a. 5. 10F ₅		0	0	56	
(Cem B.J. HIR 34)a. 6. 3F ₄		0	10	52	
(Cem B.J. HIR 34)a. 6. 5F ₅		0	38	27	
(Cem B.J. HIR 34)a. 6. 12F ₅		0	0	75	
(Cem B.J. HIR 34)a. 6. 11F ₅		0	21	1	

puissent être considérées comme génétiquement semblables. Il semble donc que la pénétrance du caractère « sporulation sur cotylédons » ne soit pas complète. Nous avons obtenu confirmation de ce fait en observant des descendance F₂ produites à partir de plantes F₁ résistantes douteuses ou sans symptôme, issues d'un croisement entre une lignée sensible 5 M 26 et une lignée résistante S 141. Les résultats sont portés dans le tableau 2. Dans les descendance des plantes F₁ douteuses il n'y avait pas plus de plantes douteuses que dans les descendance de plantes F₁ sans symptômes. Les différences phénotypiques observées entre plantes F₁ n'étaient donc pas d'origine génétique mais seulement dues à une pénétrance incomplète du caractère. Des petites différences de synchronisation des premières phases de croissance des plantules et l'entrée dans les radicules au hasard des zoospores pourraient agir sur l'apparition éventuelle de sporulation sur les cotylédons (ALLARD, communication personnelle).

Malgré ce problème de pénétrance on peut noter dans le tableau I que les plantes douteuses sont les plus nombreuses dans les descendance qui contiennent le gène de résistance Pl₁ (Rha 265, Rha 266 etc...). Cependant, nous en avons observé dans des descendance possédant d'autres gènes de résistance. De plus,

il y a des grandes différences de réaction entre descendance avec le même gène de résistance. La sporulation sur cotylédons ne semble donc pas être entièrement l'expression spécifique d'un gène de résistance, mais gouvernée, au moins en partie, par des gènes modificateurs. Notons que des différences de réaction ont été observées entre lignées sensibles (VEAR, 1974), il n'est donc pas étonnant s'en voir apparaître entre lignées résistantes.

Bien qu'il faille tenir compte de la pénétrance incomplète du caractère, il y a cependant, des différences assez nettes entre les lignées résistantes et leurs descendance F_1 et F_2 , les plantes « douteuses » étant plus nombreuses parmi celles-ci. Cette observation suggère que les gènes majeurs de résistance jouent un

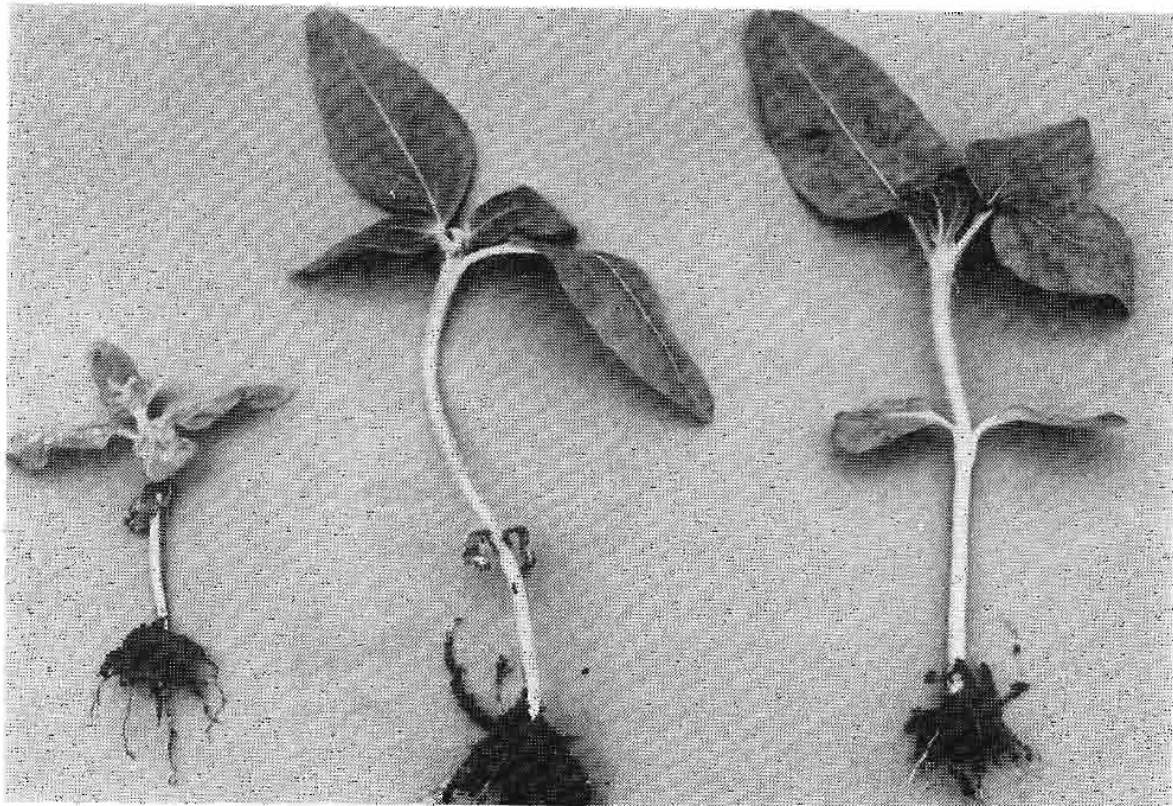


FIG. 1. — Plantules de Tournesol âgées de 4 semaines ayant subi le test de résistance au Mildiou.
De gauche à droite :

- I. — Plante sensible (feuilles petites, décolorées).
- II. — Plante résistante « douteuse » (cotylédons morts, feuilles normales).
- III. — Plante résistante sans sporulation.

rôle épistatique sur l'expression de gènes modificateurs, de telle sorte que l'effet de ces derniers est plus évident quand le gène de résistance est à l'état hétérozygote. Cette épistasie serait plus forte pour le gène Pl_2 que Pl_1 . Cette hypothèse est appuyée par la ségrégation observée dans les descendance (5 M 26 S 141) F_2 . Les résultats observés diffèrent significativement de la ségrégation théorique de 1 sensible : 2 résistants douteux : 1 résistants sans symptôme que l'on pouvait attendre si seuls les hétérozygotes ont le phénotype douteux. Cependant, si on applique les taux de pénétrance observé sur les parents à cette ségrégation théorique celle-ci devient 1 sensible : 2,35 résistants douteux : 0,65 résistants sans symptôme de laquelle les résultats observés ne diffèrent pas significativement ($P < 0,05$).

TABLEAU 2

Réaction des descendance issues du croisement 5 M 26 × S 141 au test sur plantule

Descendance	Phénotype sensible	Phénotype résistant		Total	Ségrégation observée	χ^2
		Douteux	Sans sporulation			
S 141	0	14	7	21	0 s : 1 r	
(5 M 26 × S 141) F ₁	0	15	3	18	0 s : 1 r	
F ₂ issue de plantes F ₁ sans symptômes :						
(5 M 26 × S 141) a. 1	11	11	13	35	1 s : 3 r	0,77
(5 M 26 × S 141) a. 4	9	47	0	56	1 s : 3 r	2,37
(5 M 26 × S 141) a. 5	11	16	7	34	1 s : 3 r	0,98
Total	31	74	20	125		
F ₂ issue de plantes F ₁ douteuses :						
(5 M 26 × S 141) a. 7	7	8	7	22	1 s : 3 r	0,55
(5 M 26 × S 141) a. 8	11	27	6	44	1 s : 3 r	0
(5 M 26 × S 141) a. 9	2	7	0	9	1 s : 3 r	
(5 M 26 × S 141) a. 10	1	2	2	5	1 s : 3 r	
Total	22	44	15	80		
Total général	53	118	35	206		

Différence entre les proportions de plantes douteuses parmi les plantes résistantes dans les descendance F₂ issues de plantes F₁ sans symptôme et les descendance F₂ issues de plantes F₁ douteuses.

$\chi^2 = 0,35$ (3 ddl). $P < 0,05$.

Différence entre la ségrégation observée dans les descendance F₂ et la ségrégation théorique 1 plante sensible : 2 plantes résistantes douteuses : 1 plante résistante sans sporulation.

$\chi^2 = 7,55$ (2 ddl). $P > 0,05$.

Différence entre la ségrégation observée dans les descendance F₂ et la ségrégation théorique modifiée pour tenir compte de l'absence de pénétrance complète du caractère « douteux » : 1 plante sensible : 2,35 plantes résistantes douteuses : 0,65 plante résistante sans sporulation.

$\chi^2 = 0,18$ (2 ddl). $P < 0,05$.

En conclusion, le contrôle de l'expression du caractère « sporulation sur cotylédons » restent à préciser, mais le test reste utilisable, puisque l'observation de la présence ou de l'absence de zoosporanges sur les vraies feuilles est un critère précis pour distinguer les plantes sensibles et résistantes au Mildiou.

Reçu pour publication en novembre 1977.

Remerciements

Je tiens à remercier MM. ALLARD et BOUQUET pour leur conseils dans la préparation de cette note.

Summary

Reaction of some sunflower genotypes to a seedling test of resistance to downy mildew (Plasmopara helianthi)

Certain sunflower genotypes containing a gene (Pl) giving resistance to downy mildew (*Plasmopara helianthi*) show symptoms of the disease (sporulation) on their cotyledons 2 weeks after the inoculation of germinating seeds. However, after 4 weeks the cotyledons are observed to be dead and the plants show no further symptoms and develop normally. These observations mean that the definition of resistance to downy mildew as observed by the seedling test should be lack of sporulation on the true leaves.

The penetrance of the character « sporulation on cotyledons » appears to be incomplete since inbred lines and F₁ hybrids do not show homogeneous reactions. In addition, the reactions of F₂ progenies obtained from F₁ hybrid plants, with and without symptoms, did not differ.

Sporulation on the cotyledons is most frequent in the presence of resistance gene Pl₁ but may occur on plants containing other resistance genes. Differences between lines containing the same Pl gene have been observed suggesting that this sporulation may be controlled by other genes. There appears to be epistasis by the Pl genes such that the character « sporulation on cotyledons » is expressed more frequently in plants heterozygous for a resistance gene than on those that are homozygous.

Références bibliographiques

- LECLERCQ P., CAUDERON Y. et DAUGE M., 1970. Sélection pour la résistance au Mildiou du Tournesol à partir d'hybrides Topinambour × Tournesol. *Ann. Amélior. Plantes*, **20**, 363-373.
- VEAR F. et LECLERCQ P., 1971. Deux nouveaux gènes de résistance au Mildiou du Tournesol. *Ann. Amélior. Plantes* **21**, 251-255.
- VEAR F., 1973. *Studies of resistance to downy mildew and male sterility in sunflowers*. Ph. D thesis. Reading.
- VEAR F., 1974. Studies on resistance to downy mildew in sunflowers (*Helianthus annuus* L.) *Proc. 6th Intern. Sunflower Conf.*, Bucarest Rumania, 297-302.