

**AFPP – ONZIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES MALADIES DES PLANTES
TOURS – 7 AU 9 DÉCEMBRE 2015**

**RÉPARTITION DES RACES PHYSIOLOGIQUES DE *FUSARIUM OXYSPORUM* F.SP. *PISI*
DANS L'OUEST ALGÉRIEN**

A. MERZOUG ⁽¹⁾, L. BELABID ⁽¹⁾ ET F. BENFREHA ⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique, Université de Mascara
P.O. Box 305. Mascara, Algérie*

E-mail: merzougaoumria@hotmail.com

RÉSUMÉ

En Algérie, la maladie du flétrissement vasculaire du pois causée par *Fusarium oxysporum f.sp pisi* (FOP), provoque des pertes de rendement appréciables dans des conditions environnementales favorables. Les études sur la variabilité et la distribution des races pathogènes sont essentielles pour identifier les sources efficaces de résistance à cette maladie. Dans cette étude, une enquête a été menée au cours de la période de 2007 à 2011 dans quatre zones agro-climatiques. La variabilité pathogénique de 51 isolats de FOP, recueillis dans différentes régions de l'ouest algérien, a été évaluée en utilisant sept génotypes différentiels. La maladie est répandue dans toutes les régions prospectées ; les isolats collectés appartiennent à la race 1, 2, 5 et 6. Les races 1 et 2 sont les plus fréquentes dans tous les régions prospectées avec un pourcentage de 61,5 % et 19,2 %, respectivement. Cette étude est le premier rapport sur la distribution des races de FOP en Algérie.

Mots-clés: *Pisum sativum*, *Fusarium oxysporum f.sp pisi*, race physiologique, variabilité pathogénique et morphologique.

ABSTRACT

In Algeria, the fungus *Fusarium oxysporum f.sp pisi* (FOP), the pea wilt pathogen, causes significant yield loss under favorable environmental conditions. Studies on pathogen variability and distribution of races are essential to identify effective sources of resistance to the disease. A survey was conducted during the period from 2007 to 2011 in four agro-climatic zones. Pathogenic variability of 51 isolates of FOP, collected from different pea-growing areas of western Algeria, was evaluated using seven genotypes as differential hosts. Disease was found in all prospected fields and isolates obtained were assigned to races 1, 2, 5 or 6, according to their pathogenicity. Races 1 and 2 were more frequent in all areas with 61.5% and 19.2%, respectively. This study is the first report of the distribution of FOP races in Algeria.

Keywords: *Pisum sativum*, *Fusarium oxysporum f.sp pisi*, physiological race, pathogenetic and morphological variability.

INTRODUCTION

Fusarium oxysporum f.sp pisi est l'agent pathogène du flétrissement du pois. En Algérie, il entraîne des pertes de rendement appréciables dans des conditions environnementales favorables. L'étude de la variabilité et de la distribution des races pathogènes est essentielle pour identifier les sources efficaces de résistance à cette maladie et afin d'élaborer des programmes de lutte adéquats.

Des isolaments de l'agent pathogène ont été effectués à partir d'échantillons infectés en vue de constituer une collection d'isolats de FOP et d'étudier sa morphologie et sa distribution dans l'ouest algérien. Son pouvoir pathogène a été examiné dans le but de préciser son rôle dans la manifestation des symptômes observés au champ. La caractérisation des races de FOP a également été réalisée.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Caractérisation des races physiologiques de *Fusarium oxysporum f. sp. pisi*

Gamme différentielle de génotypes de pois

Le pouvoir pathogène des races 1, 2, 5 et 6 de FOP peut être distingué par leur réaction sur un ensemble de lignées différentielles. Notre étude porte sur la caractérisation de 51 isolats de FOP provenant des différentes régions de l'ouest algérien. La gamme de lignées différentielles internationales est formée par sept génotypes de pois (Tableau I).

Tableau I : Réaction des variétés différentielles de pois aux quatre races de *F. oxysporum f.sp pisi*
Reaction of differential pea varieties/lines to four races of *Fusarium oxysporum f.sp pisi*

Cultivars	Little Marvel	Darkskin Perfection	New Era	New Season	WSU 23	WSU 28	WSU 31
Race 1	S	R	R	R	R	R	R
Race 2	S	S	R	R*	R	S	R
Race 5	S	S	S	S	R	R	R
Race 6	S	S	S	R	S	R	R

S = sensible

R = résistant

*réaction variable en fonction de l'isolat

Conditions d'obtention des plantules de pois

Les semences des sept génotypes sont désinfectées à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium à 2 % pendant 5 min puis rincées trois fois avec de l'eau distillée stérile et semées dans des pots de 15 cm de diamètre contenant de la vermiculite stérilisée. Les semis ont été maintenus à une température entre 20 °C et 24 °C et une photopériode de 12 heures. Au bout de 10 jours, lorsque les jeunes plantules ont produit 4-5 nœuds, elles sont sélectionnées pour l'inoculation (Neumann et Xue, 2002).

Production d'inoculum

Les isolats de FOP utilisés pour la détermination des races sont parmi les plus agressifs de la collection de FOP testés sur la variété sensible (Little Marvel), collectés de différentes régions de l'ouest algérien. Toutes les cultures proviennent de cultures monospores cultivées sur l'eau gélosée à 2 %, puis ensemencées sur milieu PDA. Pour produire de l'inoculum, les isolats sélectionnés sont cultivés pendant quatre jours sur de l'eau gélosée à 25 °C avec un cycle de 12 h de lumière et 12 h d'obscurité à 20 °C. Les cultures sont ensuite transférées dans le milieu PS (Potato sucrose) liquide et incubées pendant 10 jours sur un agitateur orbital à 200 rpm à température ambiante (22 °C). La concentration de la suspension en macro et microconidies est ajustée à environ à 5×10^6 conidies ml⁻¹.

¹, à l'aide d'un hématimètre. La viabilité des conidies est vérifiée par leur pouvoir de germination sur eau gélosée (Haglund et Kraft, 2001).

Méthode d'inoculation

Le pouvoir pathogène de 51 isolats de FOP a été déterminé en inoculant chacune des lignées différentielles. Les plantules sont infectées par la technique de trempage des racines sectionnées dans l'inoculum (Neumann et Xue, 2002). La méthode utilisée est la suivante :

Lorsque les jeunes plants cultivés en vermiculite sont âgés de 10 jours et ont produit 4-5 nœuds, les plantes sont retirées de la vermiculite, et les racines sont coupées à environ 4 cm en-dessous du cotylédon, plongées dans l'inoculum jusqu'à la couverture du cotylédon pendant 5 min, puis transplantées dans des pots contenant un mélange stérilisé de sol, sable et tourbe (1 :1 :1) à raison de trois plantes par pot. Les plantes témoins sont traitées de la même façon mais immergées dans de l'eau distillée stérile. La température est maintenue à 20-24 °C, et sous une alternance de lumière et d'obscurité (Neumann et Xue, 2002 ; Bani *et al.*, 2012). Les plantes sont observées visuellement chaque semaine afin de suivre la progression des symptômes sur les différentes variétés jusqu'au stade de 10-12 nœuds, soit 28 jours après l'inoculation, où une note est attribuée à chaque plante.

Notation des symptômes

Chaque plante reçoit une note de 0 à 5 selon son état en utilisant l'échelle de notation décrite par Haglund (1974) et modifiée par Neumann et Xue (2002) comme suit :

0 = aucun symptôme ;

1 = chlorose ou flétrissement d'une feuille de base, vert pâle jaune, enroulement vers le bas des bords des feuilles et stipules ;

2 = chlorose ou flétrissement de certaines feuilles basales, pas de retard de croissance ;

3 = chlorose ou flétrissement de plusieurs feuilles basales, léger retard de croissance et un jaunissement de la plupart des feuilles ;

4 = chlorose ou flétrissement de la plupart des feuilles, un important retard de croissance et dessèchement des feuilles inférieures ;

5 = mort de la plantule.

Le test est conduit avec une moyenne de répétition de quatre plantes par pot ; trois pots sont utilisés pour chaque combinaison isolat x lignée. Les plantes notées 0, 1 ou 2 sont considérées comme résistantes (R), tandis que les plantes notées 3, 4, ou 5 sont considérées comme sensibles (S). L'isolement de l'agent pathogène a ensuite été effectué afin de confirmer la nature des symptômes. Les plantes inoculées sont récupérées en vue de réisoler l'agent pathogène. Le réisolement a été fait par incubation de fragments des segments inférieurs, du milieu et du haut de la tige à partir de la majorité des plantes sur le milieu PDA à 25° C et à l'obscurité.

RESULTATS

Les enquêtes menées dans les quatre zones agro-climatiques de l'ouest algérien ont confirmé la présence de la fusariose vasculaire du pois au sein de tous les champs prospectés, avec une fréquence moyenne de 15.5 %. Le symptôme de jaunissement et flétrissement est observé à tous les stades de croissance des plantes, dans la plupart des sites et toutes les années de prospection, avec des fréquences allant de 7,3 % à 34 % pour l'ensemble de la région.

Présence et répartition des races de FOP

Les premiers symptômes après l'inoculation artificielle sur les lignes différentielles avec des isolats de FOP sont apparus 7 jours après l'inoculation. Les plantes sensibles ont été complètement détruites entre 10 et 26 jours. Les notations ont été faites cinq semaines après le semis et 3-4 semaines après l'inoculation, basées sur le nombre de plantes mortes ou l'expression des symptômes typiques. Dans notre étude, la majorité des plantes sensibles ont été tuées par les isolats de FOP.

Les quatre races 1, 2, 5 et 6 de FOP sont présentes dans l'ouest algérien (Tableau II). Les races 1 et 2 sont les plus fréquentes dans tous les régions prospectées avec 31 (61,5 %) et 10 (19,2%) isolats

respectivement ; la race 6 représente 6 (11,5 %) isolats, elle est absente au Sahara. Pour la race 5, seulement deux isolats (A21 et M42) ont été identifiés dans les plaines côtières, où la culture de pois est semée précocement par rapport aux autres régions.

En plus des quatre races décrites précédemment, deux types de FOP inconnus ou nouveaux ont été identifiés dans les plaines internes. Bien que ces deux isolats , In1 (isolat C24) et In2 (isolat Sb5), soient morphologiquement similaires à la race 1, ils sont très différents dans leurs réactions avec les lignées différentielles. L'isolat In1 a provoqué la mort de toutes les lignées différentielles, y compris le cultivar WSU 31, résistant à toutes les races de FOP. Pour l'isolat In2, seulement deux cultivars, Little Marvel et Darkskin Perfection, sont sensibles. Les deux isolats peuvent être considérés comme étant de nouvelles races. Leur réaction vis-à-vis des lignées différentielles nécessite une étude plus approfondie avant toute description définitive.

Caractérisation culturelle des races de FOP

L'évolution phénotypique des isolats de FOP a été suivie dans le but de préciser la part des caractéristiques culturelles dans l'identification de cet agent pathogène. Les conditions d'incubation étaient stables et similaires.

Pigmentation du thalle : La pigmentation des colonies des champignons isolés est très diversifiée. Elle varie entre des couleurs de ton clair représentées par le blanc (13 isolats ; 25 %), le rose blanchâtre (9 ; 17.6 %), le jaune blanchâtre (3 ; 17.6 %) et le mauve clair (14 ; 27.5 %). L'ensemble représente 39 isolats soit 76,5 %. Ils appartiennent aux races 1, 5, 6 et In1 et In 2 ; parmi eux, 10 isolats de couleur blanche et 10 de pigmentation mauve claire appartiennent à la race 1.

Les tons sombres représentent 12 isolats (23,5 %) : 9 violet foncé (17.6 %) isolats , 2 (3.9 %) rouge violacé et un violet foncé à noir ; 10 de ces isolats appartiennent à la race 2 et 2 à la race 6. Selon les régions, les pigments blanc et mauve clair représentent un maximum de 57.1 % dans la région d'Ain Temouchent et de Tiaret respectivement. Le pigment violet foncé à noir est présent seulement à Mascara avec un pourcentage de 20 %.

Aspect des morphotypes : Le mycélium des champignons isolés présente un aspect variable : aérien, duveteux, cotonneux en mèche, cotonneux dense ou ras muqueux.

Le type aérien est prédominant, avec 19 isolats (37.2 %) dont 8 appartiennent à la race 1 , 5 à la race 2 et 4 à la race 6, suivi par le type duveteux (13 ; 25.5 %) dont 11 appartiennent à la race 1, le type cotonneux en mèche (11 ; 21.6 %) et 4 isolats (7.8 %) de type cotonneux dense. il y a également 4 (7.8 %) isolats de type ras muqueux dont 3 appartiennent à la race 2. Selon les régions, un maximum de 42.8 % de type cotonneux en mèche est observé dans la wilaya de Ain Temouchent ; le même pourcentage a été enregistré à Tiaret avec le type duveteux. Le type ras muqueux est présent seulement dans les wilayas de Mascara, Cheliff et Relizane.

Tableau II. Origine géographique et caractéristiques culturelles des races de *Fusarium oxysporum f.sp pisi* dans l'ouest de l'Algérie

Geographical origin and characteristics of races of *Fusarium oxysporum f.sp pisi* in western Algeria

N°	isolat	Régions	Wilaya	Variabilité culturelle		Race
				Morphotype	Pigmentation	
1	A1	Plaines côtières	Ain Temouchent	Cotonneux en mèche	Blanc	R1
2	A2			Cotonneux en mèche	Blanc jaunâtre	R1
3	A16			Aérien	Blanc	R6
4	A18			Cotonneux-dense	Violet foncé	R2

5	A19			Cotonneux en mèche	Blanc	R1
6	A21			Duveteux	Blanc	R5
7	A22			Aérien	Violet foncé	R6
8	M42		Mostaganem	Aérien	Mauve clair	R5
9	M43			Duveteux	Violet foncé	R2
10	M44			Cotonneux-dense	Blanc rosâtre	R1
11	M45			Aérien	Blanc	R1
12	TL24	Plaines internes	Tlemcen	Aérien	Mauve clair	R6
13	TL27			Cotonneux en mèche	Blanc jaunâtre	R1
14	TL28			Cotonneux en mèche	Mauve clair	R6
15	TL29			Duveteux	Mauve clair	R1
16	TL31			Cotonneux en mèche	Blanc rosâtre	R1
17	TL32			Duveteux	Blanc jaunâtre	R1
18	C20		Chlef	Ras muqueux	Mauve clair	R1
19	C21			Aérien	Mauve clair	R1
20	C24			Cotonneux en mèche	Blanc	IN1
21	R17		Relizane	Duveteux	Blanc rosâtre	R1
22	R26			Ras muqueux	Violet foncé	R2
23	R27			Aérien	Mauve clair	R1
24	R28			Cotonneux-dense	Blanc	R1
25	R29			Aérien	Blanc	R1
26	R31			Cotonneux en mèche	Blanc rosâtre	R1
27	R32			Aérien	Rouge violacé	R6
28	Ma6		Mascara	Aérien	Violet foncé	R2
29	Ma9			Ras muqueux	Violet foncé	R2
30	Ma13			Aérien	Blanc	R1
31	Ma15			Ras muqueux	Violet foncé à noir	R2
32	Ma19			Duveteux	Blanc	R1
33	Sb1			Aérien	Mauve clair	R1

34	Sb3		Sidi Belabes	Aérien	Violet foncé	R2
35	Sb4			Duveteux	Blanc rosâtre	R1
36	Sb5			Duveteux	Blanc	In2
37	Sb11			Cotonneux-dense	Blanc	R1
38	Sb14			Duveteux	Mauve clair	R1
39	T46	Haut plateau	Tiaret	Duveteux	Mauve clair	R1
40	T47			Aérien	Violet foncé	R2
41	T48			Duveteux	Mauve clair	R1
42	T49			Cotonneux en mèche	Blanc rosâtre	R6
43	T50			Duveteux	Mauve clair	R1
44	T51			Cotonneux en mèche	Blanc rosâtre	R1
45	T52			Aérien	Mauve clair	R1
46	S56		Saida	Aérien	Blanc	R1
47	S58			Duveteux	Blanc jaunâtre	R1
48	Ad62	Sahara	Adrar	Aérien	Rouge violacé	R2
49	Ad63			Cotonneux-dense	Blanc	R1
50	Ad66			Duveteux	Blanc rosâtre	R1
51	Ad67			Aérien	Violet foncé	R2

DISCUSSION

Les lignées différentielles utilisées dans cette étude ont été utilisées assez fréquemment dans diverses régions du monde, ce qui suggère qu'elles sont particulièrement utiles pour évaluer la variabilité pathogénique des différentes races. Les races 1 et 2 de l'agent pathogène du flétrissement sont présentes dans la plupart des régions productrices de pois dans le monde, elles sont présentes et importantes dans la région européenne et méditerranéenne (OEPP, 1994). Les races 1, 2 et 6 ont été signalées en Europe (Debra *et al.*, 1992), tandis que les races 1, 2, 5, et 6 ont été identifiées en Australie. Les quatre races de fusariose du pois ont été identifiées et étudiées aux États-Unis (Haglund et Kraft, 2001) et au Canada (Neumann et Xue, 2002). Les races 1 et 2 furent les plus économiquement importantes aux États-Unis jusqu'à ce que la race 5 apparaisse dans le nord -ouest de l'état de Washington en 1963, suivie par la race 6 (Haglund et Kraft, 2001). Les races 1 et 2 sont présentes dans le monde entier, tandis que les races 5 et 6 ne sont importantes que dans l'ouest de l'état de Washington ; leur impact a diminué la production de pois frais de l'ouest du Washington et actuellement leur impact est observé en dehors de cette zone.

Les lignées différentielles ont été utilisées avec succès depuis de nombreuses années ; leurs réactions à la race 2 ont récemment été remises en question. Des réactions intermédiaires des lignées ont été observées lors d'expérimentations individuelles (Neumann et Xue, 2002).

Dans cette étude, certaines races sont spécifiques à une seule région (race 5), tandis que d'autres ont été retrouvées dans les différentes régions (races 1 et 2, et deux pathotypes inconnus). Ceci pourrait être dû à la transmission par les semences infectées par le FOP, qui est un moyen important pour la dissémination naturelle de l'agent pathogène. En Algérie, le transfert des semences d'une région à l'autre est connu mais mal contrôlé.

La transmission par les semences ne se produit que si les producteurs gardent les graines de plantes infectées. La race 1 peut être occasionnellement transmise par les graines lors de la récolte dans les champs infestés. La transmission de la race 2 par les semences se produit lorsque l'agent pathogène

s'attaque aux plants au stade floraison et formation de gousses, elle est beaucoup plus élevée par rapport aux races 1, 5, et 6, qui tuent généralement les plantes sensibles avant la floraison. Masheshwari *et al.* (1982) ont isolé le FOP à partir de la surface de semences désinfectées de six variétés cultivées dans le Pendjab (Inde), où la pourriture des racines et le flétrissement vasculaire du pois constituent un problème et les caractéristiques climatiques sont dans la plupart des cas favorables au développement de la maladie. Les plantes infectées peuvent sembler normales à basse température, mais à des températures du sol supérieures à 20 °C, le flétrissement se développe rapidement, ce qui entraîne l'effondrement de toute la partie aérienne. La maladie peut causer des pertes de rendement appréciables dans des conditions environnementales favorables, c'est un facteur limitant le rendement dans la majorité des zones sèches et tempérées.

Des différences ont été observées au niveau de la variabilité morphologique entre les différentes races identifiées. Lorsque les isolats sont cultivés sur PDA acidifié (pH 5), la race 2 sécrète un pigment noir violacé dans le milieu alors que les races 1, 5 et 6 produisent peu ou pas de pigment ; des résultats similaires ont déjà été observés (Haglund et Kraft, 2001 ; Sharma *et al.*, 2006). Dans notre étude, les isolats A22 et R32, appartenant à la race 6, présentent un mycélium aérien avec une pigmentation blanchâtre à violet clair pendant les deux premières semaines ; ensuite, des sécrétions de pigment violet foncé qui ressemblent à celles de la race 2 sont apparues. Le même résultat a été rapporté par des chercheurs danois, pour des isolats de la race 6 qui avaient un mycélium aérien floconneux de couleur blanc à pêche clair. Le revers de la colonie était de même couleur pendant environ 12 jours ; par la suite, un pigment violet foncé a été excrété dans le milieu. En pigmentation le même résultat a été observé pour les isolats anglais et danois, ce qui suggère qu'ils appartiennent au même groupe phylogénétique. Ce groupe peut être très répandu en Europe (Bodker *et al.*, 1993 ; Kraft et Pflieger, 2001). Lin *et al.* (1984) ont examiné des isolats de type muqueux avec une pigmentation rouge violacé ; ils ont suggéré que ce résultat peut être une variante de la race 2, car il pourrait être obtenu à partir de cultures anciennes du même groupe. Le même résultat a été observé pour quatre de nos isolats, dont trois appartiennent à la race 2 et un à la race 1. Ils ont été isolés à partir de la rhizosphère et proviennent des plaines internes. L'analyse statistique a confirmé une hétérogénéité de la répartition des races de FOP en fonction des différents caractères étudiés d'une part et en fonction de leur répartition dans les différentes régions prospectées d'autre part.

CONCLUSION

Une diversité existe bien au sein de la population du FOP présente en Algérie. L'évaluation de la réaction de la gamme d'hôtes différentiels envers l'agent pathogène a permis de révéler l'existence de 4 races (1,2,5 et 6) et de deux pathotypes inconnus qui diffèrent entre eux par leur virulence et leurs variabilité culturale. Les deux pathotypes peuvent être assignés à des variantes de la race 1 ou 2. Historiquement, onze races ont été décrites (Armstrong et Armstrong, 1974), mais des études ultérieures ont réduit ce nombre à quatre : races 1, 2 et 5 (Kraft et Haglund, 1978), et la nouvelle race 6 (Haglund et Kraft, 1979). Les autres races ont été considérées comme des variantes de la race 1 ou 2 ; de plus, FOP est en constante évolution, avec de nouvelles variantes émergentes de l'agent pathogène (Bodker *et al.*, 1993; Kraft et Pflieger, 2001).

La comparaison des résultats entre les différentes études est difficile. Les tests du pouvoir pathogène peuvent être quelque peu subjectifs puisqu'ils sont influencés par plusieurs variables telles que la température (Williams, 1981), l'âge de la plante (Hart et Endo, 1981), la méthode d'inoculation (Kraft et Haglund, 1978) et la gamme d'hôtes (Armstrong et Armstrong, 1981). De légères modifications dans les conditions de l'environnement peuvent affecter de manière significative l'expression de l'infection de la plante.

La fusariose du pois a été mise en évidence dans toutes les régions étudiées ; une carte de la répartition géographique des quatre races du FOP dans la région de l'ouest algérien a été établie, ce qui permet un soutien assez précieux à la gestion et au contrôle de la maladie dans ces régions. Cette information aide les programmes de développement de nouveaux cultivars résistants. Les

producteurs peuvent choisir des cultivars selon la race prédominante dans le sol dans une région particulière.

Comme pour de nombreux champignons pathogènes transmis par le sol, l'utilisation de fongicides n'est pas nécessairement efficace dans la lutte contre la fusariose (Sharma *et al.*, 2010). En conséquence, le contrôle de cette maladie est réalisé principalement par l'intégration de différentes procédures de gestion de la maladie, y compris agronomiques : pratiques culturales (Navas-Cortes *et al.*, 1998), désinfection des sols (Momma *et al.*, 2010), lutte biologique (Alabouvette *et al.*, 2009) et sélection variétale pour la résistance (Sharma *et al.*, 2010 ; Bani *et al.*, 2012).

L'utilisation de cultivars résistants est largement reconnue comme le procédé le plus sûr, le plus économique et efficace pour protéger les cultures contre cette maladie. Néanmoins la résistance à la fusariose n'est pas un substitut à de bonnes pratiques culturales, mais doit être utilisée en combinaison lorsque cela est possible, le plutôt possible afin de minimiser les pertes. L'incorporation des sources de résistance efficaces contre diverses races sera nécessaire pour minimiser les pertes ; l'hygiène efficace des graines est également très importante afin de prévenir la propagation et l'introduction de souches très virulentes de l'agent pathogène dans de nouvelles régions.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dave Stout (USDA, Plant Germplasm Introduction and Testing Research Station, Pullman, Washington, USA) et Robert Conner (Morden Research Station, Agriculture and Agri-Food, Canada) pour la fourniture de génotypes différentiels de pois.

BIBLIOGRAPHIE

- Alabouvette C., Olivain C., Migheli Q., Steinberg C., 2009 - Microbiological control of soil-borne phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt-inducing *Fusarium oxysporum*. *New Phytologist*, 184, 529–544.
- Armstrong G.M., Armstrong J.K., 1974 - Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*; causal agents of wilt of peas. *Phytopathology*, 64, 849-857.
- Armstrong G.M., Armstrong J.K., 1981 - Another approach to race classification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*. *Phytopathology*, 71, 474-478.
- Bani M., Rubiales D., Rispail N., 2012 - A detailed evaluation method to identify sources of quantitative resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi* race 2 within a *Pisum* spp. germplasm collection. *Plant Pathology*, 61, 532–542.
- Bodker L., Lewis B.G., Coddington A., 1993 - The occurrence of a new genetic variant of *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi*. *Plant Pathology*, 42, 833-838.
- Debra S., Whitehead A., Coddington A., Lewis B.G., 1992 - Classification of races by DNA polymorphism analysis and vegetative compatibility grouping in *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi*. *Physiological and Molecular Plant pathology*, 41, 295-305.
- Haglund W.A., 1974 - Race concept in *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi*. *Genetics*, 6, 20-21.
- Haglund W.A., Kraft J.M., 1979 - *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi* race 6. Occurrence and distribution. *Phytopathology*, 69, 818-820.
- Haglund W.A., Kraft J.M., 2001 - Fusarium wilt. In: Kraft J.M., Pflieger F.L. (eds) : *Compendium of Pea Diseases and Pests*. APS Press, St. Paul, MN, USA: 13–14.
- Hart L.P., Endo R.M., 1981 -The effect of time of exposure to inoculum, plant age, root development and root wounding on Fusarium yellows of celery. *Phytopathology*, 71,77-79.
- Kraft J.M., Haglund W.A., 1978 - A reappraisal of the race classification of *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi*. *Phytopathology*, 68, 273–275.
- Kraft J.M., Pflieger F.L., 2001 - *Compendium of Pea Diseases*, 2nd ed., APS Press, St. Paul, MN, USA..
- Lin Y.S., Sun W., Wong P.H., 1984 - Fusarium root rot and wilt of garden pea in Taiwan. *Journal of Agricultural Research of China*, 33, 395-405.

Masheshwari S.K., Gupta J.S., Jhooty J.S., 1982 - Role of seed mycoflora of pea in the wilt and root-rot complex and its pathogenicity. *Agricultural Science Digest*, 2, 196-198.

Momma N., Momma M., Kobara Y., 2010 - Biological soil disinfestation using ethanol: effect on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and soil microorganisms. *Journal of General Plant Pathology*, 76, 336–344.

Navas-Cortes J.A., Hau B., Jimenez-Diaz R.M., 1998 - Effect of sowing date, host cultivar, and race of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri* on development of fusarium wilt of chickpea. *Phytopathology*, 88, 1338–1346.

Neumann S., Xue A.G., 2002 - Reactions of field pea cultivars to four races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi*. *Canadian Journal of Plant Sciences*, 83, 377–379.

OEPP, 1994 - Principes de bonne pratique phytosanitaire, pois. *EPPO Bulletin*, 24, 233–240.

Sharma P., Sharma K.D., Sharma R. Plaha P., 2006 - Genetic variability in pea wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* in north western Himalayas. *Indian Journal of Biotechnology*, 5, 298-302.

Sharma A., Rathour R., Plaha P., 2010 - Induction of fusarium wilt (*Fusarium oxysporum* f.sp. *pisi*) resistance in garden pea using induced mutagenesis and *in vitro* selection techniques. *Euphytica*, 173, 345–536.

Williams, P.H., 1981 - Fusarium yellows. *Screening Crucifers for Multiple Diseases Resistance*. University of Wisconsin, Madison. pp. 124-129.