

Etude de la variabilités pathogénique de vingt isolats de *Pyrenophora graminea* Ito & Kurib. sur neuf variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.)

Benbelkacem A.¹, Boulif M.² et Amri A.³

¹ Institut Technique des Grandes Cultures, BP. 35, El Khroub, 25100, Algérie

² Ecole Nationale d'Agriculture, B.P. S/40, Meknès, Maroc

³ Institut National de la Recherche Agronomique, B.P. 415, Rabat, Maroc

Résumé

Neuf variétés d'orge de diverses origines ont été évaluées pour leur réaction à l'inoculation artificielle par 19 isolats algériens et un isolat syrien de *Pyrenophora graminea*, agent causal de la maladie striée de l'orge. Les résultats ont montré l'existence de races physiologiques et les isolats utilisés peuvent être séparés en 11 groupes homogènes. Le groupe le plus virulent se compose de huit isolats, 3 groupes sont constitués par 2 isolats chacun alors que 6 isolats forment chacun un groupe. A l'exception d'un seul groupe (isolats 8,19), les isolats appartenant au même groupe proviennent généralement d'une même région. Les variétés NK1272 et M23 ont été résistantes à tous les isolats. La variété Arig 8 du Maroc, les variétés locales d'Algérie Tichedrett, Saida ainsi que la variété Alpha ont été les plus sensibles. Les variétés utilisées ont permis la séparation des isolats. Ainsi, ces variétés peuvent servir comme série différentielle qui peut être utilisée en Algérie et dans la région.

Mots clés : Maladie striée, *Pyrenophora graminea*, Variabilité pathogénique, Orge, *Hordeum vulgare*, Algérie.

Abstract : Pathogenic variability of 20 Algerian isolates of *pyrenophora graminea* Ito & kurib. over 9 barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties

The variability of a population of *Pyrenophora graminea* (the causal agent of barley leaf stripe) collected in different barley growing areas of Algeria was investigated. Nine barley cultivars were evaluated for their reaction to inoculation with 19 isolates of *Pyrenophora graminea* from Algeria and one isolate from Syria. The results showed the existance of pathogenic variation and physiologic specialization in the fungus *Pyrenophora graminea*. Isolates have been separated in 11 homogenous groups. The most virulent group is constituted of 8 isolates. Three groups contain each 2 isolates, and 6 other groups were distinctly represented by 6 individual

isolates. With the exception of one group (isolates 8,19), isolates belonging to one group came from the same region.

Cultivars NK1272 and M23, were resistant to all isolates, while Arig8 and Tichedrett were susceptible to all isolates. The varieties used in this study separated the isolates effectively and can be used as a differential set in Algeria and in the region.

Key words: Barley stripe, *Pyrenophora graminea*, pathogenic variability, Barley, *Hordeum vulgare*, Algeria

ملخص : دراسة تنوع القدرة الإراضية لعشرين عازلا جزائريا *Pyrenophora graminea* Ito et Kurib

على تسعة أصناف من الشعير (*Hordeum vulgare* L.)

بن بلقاسم ع.1، بوليف م.2، عمري أ.3

1 المعهد التقني للمحاصيل الحقلية بالخروب، الجزائر

2 المدرسة الوطنية للفلاحة بكناس، المغرب

3 المعهد الوطني للبحث الزراعي بالرباط، المغرب

تسعة أصناف من الشعير من مصادر متنوعة تم تقييمها من أجل رد فعلها للتلقيح الإصطناعي بـ 19 عازلا جزائريا و عازلا سوريا *Pyrenophora graminea*، المرض مخطط متوازي للشعير.

بينت النتائج وجود سلالات فيزيولوجية، و العوازل المستعملة من الممكن فصلها الى 11 مجموعة متجانسة. مجموعة أكثر وبالة تتكون من 8 عوازل، 3 مجموعات كل منها تتكون من عازلين، بينما 6 عوازل كل منها يكون مجموعة.

العوازل المنتمية الى نفس المجموعة ناشئة عموما من نفس المنطقة باستثناء مجموعة واحدة (العوازل 19,8). الصنفين NK1272 و M23 كانا مقاوما لكل العوازل. الصنف المغربي 8 AGRIC، الأصناف المحلية الجزائرية Saida و Tichdrett و أيضا Alpha كانت الأكثر تأثرا. الأصناف المستعملة مكنت فصل العوازل. هكذا، يمكن استخدام الأصناف بمثابة مجموعة تفاضلية التي من الممكن استعمالها في الجزائر وفي المنطقة.

الكلمات المفتاحية : تنوعية البوالة، *Hordeum vulgare* L.، *Pyrenophora graminea*، عوازل جزائرية، مخطط متوازي للشعير

Introduction

La maladie striée de l'orge causée par *Pyrenophora graminea* Ito et Kuribayashi (stade conidien : *Drehslera graminea* (Rabh.ex Schl.) Shoemaker, synonyme de *Helminthosporium gramineum* (Rabh. ex Schlecht) qui est un champignon monocyclique systémique (Drechsler, 1923) des espèces d'orge (*Hordeum* spp.), est connue depuis fort longtemps à travers les

différentes zones de culture dans le monde en causant des réductions sévères dans le rendement (Richardson et al., 1976 ; Johnston et al., 1982 ; Porta-Puglia et al., 1986).

Contrairement à d'autres espèces du genre *Pyrenophora*, *P. graminea* n'infecte pas l'orge par les feuilles (Smedegaard-Petersen, 1976). Les conidies qui sont transportées par le vent, infectent les fleurs et établissent un mycélium qui restera dormant au sein du péricarpe et des glumes des grains infectés (Platenkamp, 1976; Teviotdale et al., 1976 ; Yu 1936). A la germination du grain, le champignon se remet en activité et infecte la jeune plantule qui ne manifeste aucune réaction visible à ce stade de l'invasion. Après que le mycélium se soit installé dans la tige, il établit des foyers de tissus infectés qui se concentrent au niveau des entre-noeuds. Le mycélium s'étale aussi au travers des organes de la plante par les vaisseaux laminaires (Skoropad et Arny, 1956). Les premiers symptômes de la maladie peuvent être observés sur la première feuille de la jeune plantule, mais les signes caractéristiques ne deviennent proéminents qu'après le stade tallage. Plus tard, la plupart des feuilles de la plante attaquée développent des stries ou rayures marrons foncées. Les épis ne pourront pas sortir de leur gaine où sortent déformés et très chétifs. Ainsi, *P. graminea* qui est véhiculé d'année en année par les grains contaminés a donc un développement systémique similaire à celui des charbons des blés et des orges.

Les études antérieures ont suggéré une large variabilité dans l'interaction entre le pathogène (*P. graminea*) et les cultivars d'orge avec des réactions allant d'une très grande résistance à une grande sensibilité (Kline, 1971; Tekauz, 1983; Knudsen, 1986; Boulif & Wilcoxson, 1988; Delogu et al., 1989). Ces résultats peuvent être attribués soit à la variabilité génétique parmi les génotypes d'orge ou à la variabilité génétique des isolats de *P. graminea*. En effet, une variation considérable dans la pathogénicité des différents isolats de *P. graminea* a été décrite par plusieurs auteurs, (Christensen & Graham, 1934; Arny, 1945; Kline, 1972; Mohammad & Mahmood, 1976; Smedegaard-Petersen and Jorgensen, 1982; Hammouda, 1988; Tekauz, 1983; Gatti et al., 1992). Une grande variabilité biochimique est aussi signalée par ces derniers auteurs. La spécialisation physiologique a été prouvée dès 1925 par Johnson aux Etats Unis d'Amérique. Dans son étude sur la résistance de l'orge à *Pyrenophora graminea*, Knudsen (1986) compte quatre à cinq différentes races.

L'identification de *P. graminea* est basée à présent sur la morphologie des conidiophores et des conidies. Cependant, il est encore difficile de distinguer entre les isolats en utilisant seulement les caractères morphologiques. Récemment, plusieurs marqueurs moléculaires ont été identifiés et introduits pour aider à mieux caractériser les espèces de champignons et à analyser la variabilité génétique des différents isolats de la même espèce (Michelmores & Hulbert, 1987).

Très peu de chercheurs ont pu statuer sur le seuil limite de la résistance ou de la sensibilité des génotypes d'orge à *P. graminea*. Shands et Arny (1944) ont considéré résistants, les cultivars ayant un niveau d'infection de 15% et moins après inoculation. Ceux dont l'infection dépassait les 60% sont considérés comme sensibles. De même, le test statistique développé par Scott et Knott (1974) sur la base du taux moyen d'infection obtenu sur des cultivars d'orge, permet de classer les isolats en avirulent (0-6 %), Intermediaire (13-16%) et virulent (>16%).

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour tester les cultivars d'orge vis à vis de *P. graminea* : la méthode dite 'sandwich' (Houston et Oswald, 1948 ; Mohammad et Mahmood, 1974), la congélation sur papier buvard (Limonard, 1968), l'inoculation florale et l'inoculation des grains à maturité (Kline, 1971), l'exposition des plantes à l'inoculum naturel (Knudsen, 1980) et plus récemment l'inoculation par filtrats de toxines (Haegi, 1994). Nilsson (1975) a conclu que la méthode sandwich à faibles températures d'incubation est celle qui donne les meilleurs résultats.

La connaissance de la structure des populations du pathogène est impérative pour une approche efficiente pour l'amélioration de la résistance. C'est pour cela que la variabilité de la virulence de ce pathogène vis à vis de quelques variétés d'orge ont fait l'objet de ce travail.

Matériel et méthodes

Neuf variétés d'orge de diverses origines, choisies pour leur réaction connue vis à vis de *P. graminea* (Tableau 1) ont été inoculées par chacun des 19 isolats Algériens et un isolat Syrien de *P. graminea* (Tableau 2). L'inoculum a été préparé à partir de feuilles infectées collectées durant le printemps 1994 et conservés à sec au laboratoire. La technique d'isolement consista à prélever des fragments de feuilles infectées (environ 1 cm de long), les tremper dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5% pendant 3 minutes, de les rincer 2 à 3 fois dans de l'eau distillée puis de les sécher sur du papier buvard. Les fragments de feuilles désinfectés sont placés dans des boîtes de pétri (10 cm de diamètre) contenant le milieu de culture 'Pomme de terre Dextrose Agar' (PDA), à raison de 3 à 4 fragments par boîte. Après 7 à 8 jours d'incubation, des conidies du champignon sont repiquées une à une sur d'autres boîtes de PDA. Les cultures pures issues de chacune des conidies ont été multipliées et incubées au laboratoire pendant une dizaine de jours. Les grains d'orge des différents cultivars utilisés ont subi la même procédure de désinfection à l'eau de javel durant 5 minutes puis rincées 3 fois à l'eau distillée ont été desséchées à 30°C pendant 3 heures. La technique d'inoculation artificielle consiste alors à faire germer les grains d'orge ainsi desséchés (50 grains par variété et par boîte) en sandwich entre deux cultures mycéliennes bien développées à une température de 4 °C pendant 13 jours et dans l'obscurité. A la fin de cette période les grains qui auront germé sont retirés délicatement des boîtes et transplantés immédiatement au champ. L'essai a été installé sur une parcelle du Centre de Recherche de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Meknès. Le précédent cultural était une jachère travaillée au printemps. Un épandage d'engrais phosphaté à raison de 100 Kg/ha a été fait avant le semis qui a eu lieu le 25 décembre 1994 de façon manuelle à raison de 50 graines par ligne de 1 mètre, avec un écartement interligne de 30 cm et à une profondeur de semis de 2 à 3 cm. Deux irrigations ont été réalisées pour assurer un bon développement des plantes. Le désherbage est effectué manuellement.

A l'épiaison, toutes les plantes atteintes et saines ont été comptées afin de déterminer l'incidence exprimée en pourcentage de plantes malades.

Un dispositif en split plot avec quatre répétitions a été utilisé avec la variété en parcelle principale et les isolats en sous parcelle. L'analyse de variance ainsi qu'une analyse de classifi-

cation par groupage ont été effectuées pour déterminer les différences statistiques existantes entre les variétés, les isolats, leurs interactions ainsi que leurs similitudes. L'analyse de variance a été réalisée sur les données transformées en arcsin $\times 1/2$.

Tableau 1. Liste des variétés inoculées par *Pyrenophora graminea*

Variétés	Origine	Réaction rapportée
1. ARIG8	INRA MAROC	Sensible
2. ALPPHA	ICARDA	Résistant
3. TICHDRETT	ALGERIE	Sensible
4. RIHANE 03	ICARDA	Intermédiaire
5. HARMAL	ICARDA	Résistant
6. M23	USA	Résistant
7. SAIDA	ALGERIE	Sensible
8. JAIDOR	FRANCE	Intermédiaire
9. NK1272	USA	Résistant

Tableau 2. Isolats de *P. graminea* collectés en Algérie et utilisés dans le test de virulence.

Isolat n°	Origine	Isolat n°	Origine
1	O. ahmoune/Constantine	11	A. Yagout / Batna
2	Grarem / Mila	12	Khenchela
3	C. Laid / Mila	13	Kais / Khenchela
4	Guelma	14	Setif
5	Tamlouka / Guelma	15	B.B. Arrerridj
6	O. Hamla / O.E.Bouaghi	16	Boumaïza / Skikda
7	Sedrata / S. Ahras	17	Ain Berda / Annaba
8	A. Seinour / S. Ahras	18	Rahouia / Tiaret
9	Ksar Sbahi / O.E.B.	19	Sougueur / Tiaret
10	Batna	20	Breda / Syrie

Résultats et discussions

La maladie striée de l'orge s'est bien développée au champs sur les variétés sensibles, montrant l'efficacité de la méthode sandwich pour l'inoculation et l'évaluation du germoplasme. Cependant, il existe une grande variabilité entre les répétitions pour un même isolat. Ceci peut être expliqué par un plus grand contact d'embryons de grains germés avec le mycélium qui était plus dense dans certaines boîtes de Petri que dans d'autres. Ceci a été signalé aussi par Mohammad et Mahmood (1974). De ce fait, l'utilisation de l'incidence maximale est plus justifiée pour l'analyse de la réaction des variétés aux différents isolats. Vu le type d'hérédité polygénique de la résistance à cette maladie déclaré par plusieurs auteurs (Knudsen, 1980, 1981 ; Suneson, 1950) ainsi que la variabilité observée dans l'inoculation, nous avons utilisé le seuil de 15% comme incidence maximale pour un génotype résistant.

L'analyse de la variance montre l'existence de différences significatives entre les isolats de *P. graminea* et entre les variétés d'orge utilisées dans l'étude. L'interaction variétés x isolats est aussi hautement significative (Tableau 3).

Tableau 3. Analyse de variance de l' incidence de la maladie striée dans 9 variétés d'orge inoculées par 20 isolats de *Pyrenophora graminea*

Source de variation	DDL	Carres Moyens	Test F	E.Type	CV
Var.Tot S-bloc	35	2989.50			
Variétés	8	10807.08	18.26 **		
Répétitions	3	1323.84	2.24 *		
Erreur 1	24	591.84		24.33	130.0%
Var.Totale	719	447.23			
Isolats	19	1258.94	5.83 **		
Variétés x Isolats	152	541.09	2.51 *		
Var.tot S-Bloc	35	2989.50	13.85 **		
Erreur 2	513	215.91		14.69	78.5%

Ceci suggère l'existence d'une spécialisation du champignon en races physiologiques et la présence de plusieurs gènes de résistance chez l'hôte. Ces résultats confirment les hypothèses de spécialisation physiologique chez *P. graminea* émises par Johnson (1925), Arny (1945), Smedegaard-Pettersen et Jorgensen (1982), Tekauz (1984) et Knudsen (1986).

L'incidence a atteint 100% pour les variétés sensibles. Les incidences moyennes ont dépassé 50% pour certains isolats sur certaines variétés (Tableau 4). La combinaison des deux analyses (selon l'incidence moyenne et selon l'incidence maximale) montre que les isolats 1, 2, 10, 11, 12, 16, 17 et 19 sont les plus virulents. Les isolats 7 et 20 sont les moins virulents, alors que tous les autres isolats montrent une virulence intermédiaire. Aucun des isolats n'a attaqué les variétés NK1272 et M23 de façon significative.

Tableau 4. Incidence moyenne de la maladie striée dans neuf variétés d'orge inoculées par 20 isolats Algériens de *P. graminea*

Variétés	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Isolats									
1	30.55	47.23	18.13	11.83	18.75	3.95	25.83	44.37	0
2	24.9	21.43	20.7	24.73	11.57	4.17	24.45	6.35	0
3	12.37	33.45	5	10.53	31.13	2.77	13.5	13.05	0
4	35.13	4.17	38.23	10.05	2.77	0	8.6	2.65	0
5	20.84	5.09	25.7	9.95	6.25	0	25.9	9.47	0
6	18.45	36.23	25.2	16.35	4.17	3.57	10.12	2.63	0
7	21.07	0	1.4	11.95	0	0	1.05	6.25	0
8	32.2	22.23	61.3	9.25	27.97	0	15.2	0	0
9	24.95	3.57	54.45	26.9	3.57	6.10	43.65	2.3	0
10	60.97	18.75	24.53	29.53	18.43	0	32.87	14.35	0
11	71.05	50	5.55	31.27	25	0	45	74.7	0

12	69.76	75.52	57.83	18.44	6.25	0	47.57	29.3	0
13	19.05	31.52	25.77	7.75	15.7	0	14.47	18.65	0
14	44.33	3.57	14.37	9.65	21.87	2.07	15	3.7	0
15	58.55	0	77.13	15.37	14.57	2.27	7.97	8.13	0
6	57.	16.67	66.15	29.35	67.03	0	47	15.25	0
17	25	0	38.17	21.83	15.93	1.13	18.83	34.37	0
18	22.37	13.15	24.15	7.07	7.57	0	10.87	0.6	0
19	27.85	36.35	63.45	12.97	27.7	9.45	72.67	0	0
20	15.33	13.57	15.03	1.07	15.45	0.5	4.53	2.35	0

PPDS Isolats : 6.86 ; PPDS Varietes : 7.94; PPDS IsoXVar : 20.57.

Onze groupes homogènes sont déterminés en fonction de leur réaction jugée sur la base de l'incidence maximale notée dans une des répétitions pour chaque isolat (Tableau 5).

Le groupe le plus virulent, constitué de huit isolats (1, 2, 3, 10, 11, 12, 13 et 16), attaque 7 variétés sur les 9. Ces isolats ont été collectés dans la zone des hautes plaines Telliennes de l'Est Algérien à l'exception de l'isolat 16 issu du littoral limitrophe de ces plaines. Les isolats 8 et 19 formant un même groupe; ont été collectés dans des régions très distantes l'une de l'autre (environ 1000 km). Ce groupe est virulent sur 6 variétés. L'isolat 5 formant à lui seul un groupe attaque aussi 6 variétés. Les isolats 14 et 17 appartenant à deux groupes différents (hauts plateaux et littoral) sont virulents sur cinq génotypes. Les cinq groupes d'isolats restants (4 et 9), (6 et 7), 15, 18 et 20 collectés à travers différentes régions se sont montrés virulents sur quatre variétés. Il y a lieu de signaler que des isolats différents existent au sein d'une même zone. L'isolat 4 collecté à la station de recherche de Guelma et l'isolat 5 de Tamlouka (Guelma) se sont différenciés de par leur réaction sur quatre variétés (Alpha, Harmal, Rihane et Jaidor). Les groupes des isolats 14 et 15 qui proviennent de la même zone (hauts plateaux) se différencient uniquement par leur virulence sur la variété locale Saida où l'isolat de Sétif (14) a été plus agressif. Il est aussi à signaler que l'isolat 20 de Syrie forme un groupe à part.

Tableau 5. Types de réaction de neuf variétés d'orge vis-à-vis de 20 isolats de *Pyrenophora graminea*

Variétés\	2	3	4	5	6	7	8	9	S	R		
Isolats												
1		S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2
2		S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2
3		S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2
4		S	R	S	S	R	R	S	R	R	4	5
5		S	S	S	R	S	R	S	S	R	6	3
6		S	S	S	S	R	R	R	R	R	4	5
7		S	S	S	S	R	R	R	R	R	4	5
8		S	S	S	S	S	R	S	R	R	6	3
9		S	R	S	S	R	R	S	R	R	4	5
10		S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2
11		S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2

12	S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2
13	S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2
14	S	R	S	S	S	R	S	R	R	5	4
15	S	R	S	S	S	R	R	R	R	4	5
16	S	S	S	S	S	R	S	S	R	7	2
17	S	R	S	S	S	R	S	R	R	5	4
18	S	S	S	R	R	R	S	R	R	4	5
19	S	S	S	S	S	R	S	R	R	6	3
20	S	S	S	R	S	R	R	R	R	4	5
V	20	15	20	17	15	0	16	9	0		
A	0	5	0	3	5	20	4	11	20		

V = Vilulent, A = Avirulent, S = Sensible, R = Résistant.

Gatti et al. (1992) ont séparé les 12 isolats collectés en Italie et inoculés sur 19 variétés en 4 groupes. El Balqui (1995) qui utilisa des isolats d'Algérie, de Lybie, de Turquie et de Tunisie sur quatre variétés a obtenu six groupes différents.

Ainsi, les isolats de *P. graminea* sont généralement spécifiques à des régions précises contrairement aux isolats des autres maladies foliaires telle que la rouille ou l'oidium des céréales qui se chevauchent d'une région à l'autre (Richardson, 1976 ; Knudsen, 1986). Ceci peut s'expliquer par le fait que cette maladie est exclusivement transmise par la graine et que très peu de transfert de semences d'orge se fait d'une région à l'autre, et aussi par le fait que l'agent causal de la maladie striée de l'orge qui ne se reproduit qu'une fois par année a un potentiel épidémique moins élevé (Knudsen, 1986). L'analyse hiérarchique a permis aussi de confirmer le groupement des isolats (figure 1).

Les variétés Arig 8 et Tichedrett ont été sensibles à tous les isolats. Par contre, la variété locale Saida s'est montrée résistante à quatre isolats (6, 7, 15 et 20), ce qui la différencie de l'autre variété locale Tichedrett. Les variétés NK1272 et M23 sont résistantes à tous les isolats et doivent par conséquent être utilisées comme parents dans les croisements pour l'amélioration de la résistance des orges à *P. graminea*. Jaidor, inscrite en Algérie, s'est avérée résistante à plusieurs isolats. Les autres variétés sont résistantes à certains isolats et doivent être utilisés selon la stratégie du déploiement géographique des gènes de résistance. La nouvelle variété Rihane 03 a été résistante à deux isolats (un d'Algérie et un de Syrie). Les variétés Harmal et Alpha rapportées être résistantes à *P. graminea* au Maroc (Boulif et Wilcoxson, 1988), se sont avérées être sensibles à la plupart des isolats dans nos tests (15/20). Ce qui prouve que les populations du pathogène existantes en Algérie sont différentes de celles utilisées au Maroc par Boulif (1987) et El Balqui (1995).

Les résultats montrent que les génotypes utilisés ont permis de différencier la majorité des isolats et peuvent constituer une partie importante de la série différentielle pouvant être utilisée en Algérie et même en Afrique du Nord.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier tous ceux qui ont collaboré à la réalisation technique de cette étude ainsi que les coordinations régionales de l'ICARDA et le projet PNUD RAB/91/007 pour leur soutien.

Références bibliographiques

- Arny D. C. 1945. Inheritance of resistance to barley stripe. *Phytopathology* 35: 781-804
- Arny D. C. 1945. Physiologic specialization in *Helminthosporium gramineum* Rab. *Phytopathology* 35: 571-572.
- Boulif. M. and Wilcoxson R.D. 1988. Inheritance of resistance to *Pyrenophora graminea* in barley. *Plant Disease* 72: 233-238
- Christensen J. J. and Graham T. W. 1934. Physiologic specialization and variation in *Helminthosporium gramineum* Rab. Technical Bulletin, Univ. of Minnesota Agri. Exp. Sta. n° 95. 40p.
- Drechsler C. 1923. Some graminicolous species of *Helminthosporium*. *J. Agri. Res.* 24: 650-656
- Delogu G., Porta-Puglia A. and Vanacci G. 1989. Resistance of winter barley varieties subjected to natural inoculum of *Pyrenophora graminea*. *J. Genet & Breed.* 43: 61-66.
- Gatti A., Rizza F., Delogu G., Terzi V, Porta-Puglia A. and Vannacci. 1992. Physiological and biochemical variability in a population of *Drechslera graminea*. *J. Genet. & Breed.* 46: 179-186.
- Haegi A., Porta-Puglia A., Vannacci G., Delogu G. 1994. Phytotoxic compounds in culture filtrates of *pyrenophora graminea* (effects on barley varieties). *Petria* V4(2) : 181-191.
- Hammouda A.M. 1988. Variability of *Drechslera graminea*, the causal fungus of leaf stripe of barley. *Acta phytopathologica et Entomologica Hungarica* 23(1-2): 73-80.
- Houston B.R. and Oswald J.W. 1948. Methods of inoculation of barley with the stripe disease, *Helminthosporium gramineum*. (Abstract) *Phytopathology* 38: 915.
- Johnson T. 1925. Studies on the pathogenecity and physiology of *Helminthosporium gramineum* Rab. *Phytopathology* 15: 798-804.
- Johnston R.H., Metz G.G., Riesselman J.H. 1982. Seed treatment for control of *Pyrenophora* leaf stripe of barley. *Plant Disease* 66: 1122-1124
- Kline D.M. 1971. Resistance to *Helminthosporium* stripe in winter barley cultivars. *Plant Dis.Repr.*55: 858-859.
- Kline D.M. 1972. *Helminthosporium* stripe resistance in spring barley cultivars. *Plant Dis.Repr.*55: 858-859.
- Knudsen J.C.N. 1980. Resistance to *Pyrenophora graminea* in 145 barley entries subjected to uniform natural inoculum. *Royal Veterinary and Agricultural Universities Yearbook*, pages 81-95.
- Knudsen J.C.N. 980. Resistance to *Pyrenophora graminea* in spring barley varieties subjected to natural infection. In : Asher (edit). *Proceedings of the IV Barley Genetics Symposium*.Edinburgh. 498-502.
- Knudsen J.C.N. 1986. Resistance to barley leaf stripe. *Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung* 96 (2): 161-168.

- Limonard T. 1966. A modified blotter test for seed health. *Neth.J.Pl. Path.* 72: 319-321.
- Michelmore R.W. and Hubbert S.H. 1987. Molecular markers for genetic analysis of phytopathogenic fungi. *Annual Review of Phytopathology* 25: 383-404.
- Mohammad A. and Mahmood M. 1974. Inoculation techniques in Helminthosporium stripe of barley. *Plant Disease Reporter* 58: 32-34.
- Mohammad A. and Mahmood M. 1976. Physiologic specialization in Helminthosporium gramineum. *Plant Disease Reporter* 60 : 711-712.
- Nilsson B. 1975. Resistance to stripe (Helminthosporium gramineum) in Barley. In : Barley Genetics III. Proc. 3rd Int. Barley Genetics Symposium, Garching, pages 470-475.
- Platenkamp R. 1976. Investigations on the infection pathway of Drechslera graminea in germinating barley. (Abstract) *Rev. Plant Patholo.* 56(4): 319.
- Porta-Puglia A., Delogu G. and Vannaci G. 1985. *Pyrenophora graminea* on winter barley seed: effect on disease incidence and yield losses. *Journal of Phytopathology* 117: 26-33
- Richardson M. J., Whittle A. M. and Jacks M. 1976. Yield loss relationships in cereals. *Plant Pathology* 25: 21-30.
- Scott A. J. and Knott M. 1974. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30: 507-512.
- Smedegaard-Petersen P. 1976. Pathogenesis and genetics of net, spot blotch and leaf stripe caused by *Pyrenophora teres* and *Pyrenophora graminea*. Thesis, Royal. Vet. And Agric. University, Copenhagen.
- Skoropad W.R. and Army D.C. 1956. Histologic expression of susceptibility and resistance in barley to strains of Helminthosporium gramineum. *Phytopathology* 46: 289-292.
- Shands H. L. and Army D. C. 1944. Stripe reaction of spring barley varieties. *Phytopathology* 34: 572-585.
- Suneson C. A. 1950. Physiologic and genetic studies with the stripe disease in barley. *Hilardia* 2 : 2
- Tekauz A. 1983. Reaction of canadian barley cultivars to *Pyrenophora graminea*, the incitant of leaf stripe. *Can. J. Plant patholo.* 5: 294- 301.
- Tekauz A, 1984. Leaf stripe of barley. *Horticul. Crops. Barley diseases.*
- Teviotdale B. L. and Hall D. H. 1976. Factors affecting inoculum development and transmission of Helminthosporium gramineum. *Phytopathology* 66: 295-301.
- Yu T. F. 1936. Studies on stripe disease (Helminthosporium gramineum Rabh.) of barley. *Review of Appl. Mycol.* 15: 367-368.