

Effet combiné d'une infection précoce par l'oïdium et du stress hydrique sur le développement de l'orge

F. Zine El abidine¹, M. Reinhold², A.L. Scharen²

¹ Institut national de la recherche agronomique, BP 415, Rabat, Maroc

² Department of Plant Pathology, Montana State university, Bozeman, USA

Résumé

Ce travail a étudié l'effet de l'oïdium seul et combiné à quatre niveaux d'eau sur le développement des parties aériennes et des racines de l'orge. L'inoculation par l'oïdium seul s'est traduite par une réduction importante du nombre et de la taille des racines secondaires, adventives et par une réduction significative du poids sec des tiges et des racines chez les plantes inoculées. L'effet combiné de l'oïdium et du stress hydrique a entraîné un flétrissement rapide et même la mort chez les plantes inoculées. Les plantules d'orge infectées tôt dans la saison par l'oïdium sont très vulnérables à la sécheresse tardive, même si les symptômes de la maladie disparaissent juste après l'arrivée des grandes chaleurs.

Mots clés : Orge, oïdium, stress hydrique, effet combiné

Abstract

Combined effect of early infection by powdery mildew and water stress on barley development.

This work studied the effect of powdery mildew alone and combined with four different soil-water levels on barley shoots and roots. Plants inoculated with powdery mildew exhibited reduced size and number of both primary and secondary roots. Inoculation with the fungus also significantly reduced dry weight of shoots and both seminal and adventitious roots. The combined effect of powdery mildew and water stress resulted in the wilting and death of the plants. Barley seedlings infected early with powdery mildew are more likely to be damaged by late season drought, even though symptoms of the disease disappear with the onset of hot dry weather.

Key words : barley, powdery mildew, water stress, combined effect

ملخص

الأثر المركب للإصابة المبكرة بمرض البياض الدقيقي ونقص الماء على نمو الشعير

ف. زين العابدين¹، م. رينهولد²، أ.ل. شرين²

1: المعهد الوطني للبحث الزراعي، ص.ب. 415، الرباط، المغرب

2: جامعة مونتانا، قسم أمراض النبات، بوزمان، الولايات المتحدة الأمريكية

قيمت هذه الدراسة مفعول البياض الدقيقي لوحده أو مع أربعة نسب من الماء على نمو سيقان وجذور نبات الشعير. أدى التطعيم بفطر البياض الدقيقي إلى تقليص عدد وحجم الجذور والسيقان وكذا إلى نقص مهم في وزن الجذور والسيقان. أما تزامن مرض البياض الدقيقي مع نقص في الماء، فقد أدى إلى اصفرار النبات وموتها. وتكون نباتات الشعير المصابة مبكرا بمرض البياض الدقيقي أكثر تعرضا للضرر من الجفاف المتأخر رغم أن علامة المرض تغيب مع بداية الحر.

الكلمات المفتاحية: الشعير، البياض الدقيقي، النقص في الماء

Introduction

L'oïdium de l'orge (*Hordeum vulgare* L. f. sp. *hordei*) est une maladie très répandue dans le monde. L'agent causal, *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* Em. Marcal, est un champignon obligatoire, qui vit sur les surfaces externes des feuilles et des tiges. Pour assurer sa survie, il envoie des suçoirs (haustoria) dans les cellules épidermiques de l'hôte.

La maladie a été étudiée intensivement dans les pays à climat humide et tempéré (Last 1962; Jenkyn 1974; Griffith et al. 1975; Jenkyn et Bainbridge 1978). Par contre, ce n'est que dernièrement que son importance a été reconnue dans les pays méditerranéens. Dans ces pays, les symptômes apparaissent tôt dans la saison, et disparaissent aussitôt que les grandes chaleurs commencent (Barradas 1977; Comenge 1977; Veasco 1981).

Quelques études ont été conduites sur l'effet de l'infection précoce par l'oïdium sur les rendements, sous le climat méditerranéen (Ghodbane et al. 1981; Skorda 1981). Les pertes de rendements ont été trouvées de l'ordre de 10 à 30 % dans l'Afrique du nord (Caddel et Wilcoxon 1975; Boulif et al. 1981).

Dans le bassin méditerranéen, et surtout en Afrique du nord, l'orge est toujours reléguée aux sols marginaux où les conditions édaphiques et climatiques sont souvent contraignantes au développement de la culture (Srivastava 1977).

Le stress hydrique est le plus important des facteurs édaphiques entravant le développement et la croissance de l'orge dans les régions méditerranéennes. Il est

à la base des pertes importantes de rendement, surtout quand il survient aux stades tallage, floraison et/ou épisaison (Weltezien et Srivastava 1981).

Les études conduites sur l'effet combiné de l'oïdium et du stress hydrique sur le développement de l'orge sont plutôt rares. Ayres et Zadoks (1979) ont étudié l'effet du manque d'eau et de l'oïdium sur des plantes d'orge maintenues à 3 niveaux d'eau différents, et ont trouvé qu'ils ont un effet additif aussi bien sur le développement de la plante que sur le rendement.

Pour mieux comprendre l'effet de l'oïdium et de la sécheresse sur l'orge, la présente étude a eu comme objectifs d'étudier :

- 1) L'effet du champignon sur les racines et sur les parties aériennes de la plante.
- 2) L'effet de l'oïdium et de la sécheresse sur le développement de la plante.

Matériel et méthodes

La variété Manchuria (CI2330), sensible à toutes les races de *E. graminis* f. sp. *hordei*, a été utilisée durant cette étude.

Les graines ont été semées dans un mélange de sable et de sol (3v : 1v), contenu dans des pots en plastique de 9 x 9 cm de diamètre. Chaque pot contenait deux plantules qui étaient réduites par la suite à une seule. Les pots étaient mis dans des bacs en métal (1,25 x 2,55 x 0,25 m) pour faciliter l'irrigation, et couverts par des cages (50 x 61 x 76 cm). Ces cages étaient couvertes de tissu blanc de texture très fine afin d'éviter les contaminations.

Les expériences étaient conduites dans des chambres de culture où la photopériode était de 12 heures (2,2-3,3 x 10 ergs/cm²/s), de 15 à 24 °C, pendant la période sombre et claire respectivement, l'humidité relative était de l'ordre de 80 %. Les plantes étaient irriguées quotidiennement, en versant 3 litres d'eau par bac, et recevaient une fois par mois 45 ml de la solution nutritive suivante : Ca(NO₃)₄H₂O : 0,185 g; KH₂PO₄ : 0,163 g; KNO₃ : 0,144 g; Mg₅O₄ : 0,236 g et H₂O₂ : 1000 ml.

L'inoculation des plantes avait lieu au stade 2-3 feuilles, soit environ 10 jours après l'émergence. Les plantes saines étaient saupoudrées ou badigeonnées de conidies provenant de plantes malades. Les feuilles des plantes inoculées étaient fréquemment secouées pour que la répartition des conidies sur toutes les plantes soit dense et uniforme. Un seul isolat a été utilisé pendant toute cette étude, provenant de la région de Bozeman, Montana, et codé BZ1.

Pour étudier l'effet de l'oïdium sur les plantes, le dispositif expérimental utilisé était un bloc aléatoire randomisé, avec comme unité expérimentale une plantule/pot, et 2 traitements (plantes inoculées, plantes saines). Trois expériences ont été conduites consécutivement avec 14, 12 et 13 répétitions par traitement, respectivement. Les expériences ont été arrêtées, 30 jours après la date de semis et les racines ont été très bien lavées sous l'eau courante. Les parties souterraines (racines) et aériennes des plantes ont été séchées, séparément, pendant 12 heures à 70 °C et pesées. Une analyse de la variance a été faite pour comparer les poids secs des racines et des parties aériennes.

Pour étudier l'effet combiné de l'oïdium et du stress hydrique sur les plantes de l'orge, un dispositif factoriel (2 x 4) complètement randomisé a été utilisé, avec 4 répétitions. Les deux facteurs étudiés étaient :

- 1) Le facteur maladie (champignon) avec 2 niveaux (inoculé et non inoculé)
- 2) Le facteur stress hydrique avec 4 niveaux d'eau :
 - 0 : pas d'eau d'irrigation
 - 1 : 1/3 de la dose d'eau normale utilisée (1 litre).
 - 2 : 2/3 de la dose d'eau normale utilisée (2 litres).
 - 3 : la dose d'eau normale (3 litres).

Le stress hydrique (les 4 niveaux d'eau) a été appliqué 60 jours après l'émergence. Chaque répétition comprenait 32 plantes (16 inoculées et 16 saines).

Les expériences 1 et 2 ont été arrêtées 15 jours après application du stress hydrique, et les racines ont été lavées à l'eau courante. Dans le cas de la 3e expérience, les racines n'ont été lavées que 21 jours après application du stress hydrique.

Résultats

Une réduction importante des parties aériennes et des racines des plantes inoculées a été observée lors du lavage des racines. Les plantes inoculées étaient saines et possédaient des racines trop maigres et moins nombreuses par rapport aux plantes saines. Les résultats figurant dans le tableau 1 ont confirmé nos observations visuelles. La réduction a atteint 66 % dans le cas des parties aériennes et 76 % en ce qui concerne les racines des plantes inoculées comparées aux saines.

Tableau 1. Poids sec (en grammes et en pourcentage par rapport aux plantes saines) des parties aériennes et des racines des plantes d'orge inoculées avec *E. graminis* f. sp. *hordei* et soumises à 4 niveaux différents

Niveau d'eau	Parties aériennes		Racines	
	saines	inoculées	saines	inoculées
1	0,61 (100) *	0,205 (34)*	3,38 (100) *	0,81 (24)*
2/3	0,43 (71) *	0,093 (15) *	2,49 (73) *	0,72 (21)*
1/3	0,305 (50) *	0,074(12)*	1,51 (45) *	0,61 (18)*
0	0,258 (42) *	0,053 (9)*	1,16 (34) *	0,35 (10)*

Le poids des parties aériennes et racines sont des moyennes de 3 expériences.

* : la différence des moyennes est significative ($P < 0,01$)

Le stress hydrique a lui aussi provoqué une réduction de la taille et du nombre des racines et des tiges. Chez les plantes inoculées, cette réduction a été de 66 % dans le cas des racines et de 57 % pour les parties aériennes.

Quand, en plus de la maladie (oïdium), le stress hydrique est appliqué, l'effet sur les plantes de l'orge est plus accentué. La réduction maximale atteinte a été de l'ordre de 90 % dans le cas des racines, et de 91 % dans le cas des parties aériennes. Par ailleurs, le rapport poids des racines/poids total de la plante a été

affecté surtout par la maladie (tableau 2). Les niveaux d'eau n'ont eu sur ce ratio qu'un effet minime, voire nul.

Tableau 2. Poids sec des racines/poids de la plante entière (en grammes) chez les plantes d'orge inoculées avec *E. graminis* f.sp. *hordei* et soumises à 4 niveaux d'irrigation.

Niveau d'eau	Plantes saines	Plantes inoculées
1	85	20
2/3	85	11
1/3	83	11
0	82	13

Les poids des parties aériennes et racines sont les moyennes de trois expériences.

Discussion

Dans cette étude, l'oïdium a causé une réduction significative de la croissance aussi bien des racines que des parties aériennes des plantules d'orge inoculées. La taille, la masse et le poids sec des racines ont été nettement réduits. Cette réduction nette a été observée même au moment du lavage des racines. Des résultats similaires ont été reportés par Last (1962), Brooks (1972) et Griffiths *et al.* (1975). Par ailleurs, le poids sec des parties aériennes a été réduit, et une réduction des parties aériennes et du ratio : poids sec des racines/poids sec total a été observée. Ces effets sur les racines peuvent être attribués à l'infection précoce et sévère par l'oïdium. En effet, l'effet dévastateur des infections précoces de l'oïdium des plantes de l'orge a été rapporté par Lim et Gaunt (1986a; 1986b). Last (1992) a rapporté que la lenteur de la croissance des parties aériennes est proportionnelle à la taille réduite des racines des plantes.

Dans cette étude, l'infection précoce par l'oïdium et le stress hydrique ont eu un effet additif et néfaste sur la croissance des plantes d'orge. La réduction de la taille, du poids et de la masse des racines par l'infection aurait un effet dévastateur sur les rendements de l'orge (Ayres et Zadoks 1979; Brooks 1972; Griffiths *et al.* 1975; Last 1962). Des racines profondes et abondantes sont indispensables quand l'eau du sol se fait rare ou est mal répartie (Mac Key 1980). Par conséquent, des plantes résistantes à l'oïdium et possédant un système racinaire normal, peuvent être capables de bien utiliser l'eau du sol. Le stress hydrique peut déterminer l'ampleur des pertes des rendements, selon son degré de sévérité et le moment où il survient. Les stades les plus critiques sont le tallage et l'épiaison (Weltzien et Srivastava 1981). L'effet de la maladie et du stress hydrique sur le rendement n'a pas pu être déterminé, vu que les expériences ont été arrêtées avant l'épiaison. Ayres et Zadoks (1979) ont rapporté que l'oïdium cause une réduction du poids des graines, et que la sécheresse réduit le nombre des graines par épi.

Nos résultats peuvent être d'une grande utilité pour les régions du monde où l'orge est cultivée dans des conditions climatiques stressantes. Dans ces régions,

l'utilisation de variétés résistantes à l'oïdium et tolérantes à la sécheresse serait à la base de l'augmentation des rendements de l'orge. De telles variétés doivent être capables d'échapper à l'effet dévastateur d'une infection précoce par l'oïdium et avoir une forte chance de tolérer les sécheresses tardives.

Remerciements

Cette étude a été conduite grâce à une aide financière fournie par les institutions USAID et ICARDA (projet AID/DSAN-C 0024) que les auteurs remercient vivement.

Références bibliographiques

- Ayres P.G., and Zadoks J.C. (1979). Combined effects of powdery mildew disease and soil water level on the water relations and growth of barley. *Physiol. Plant Pathology* **14** : 347-361.
- Barradas M.T. (1977). Aspects of growing and breeding of barley in Portugal. Proc. 4th Regional Winter Workshop - Barley. Vol 1. p. 204-209. Amman, Jordan.
- Brooks D.H. (1972). Observations on the effects of mildew, *Erysiphe graminis*, on the growth of spring barley. *Ann. Appl. Biol.* **70** : 149 - 156.
- Boulif M., Burkeigh J., and Callagher L. (1981). The barley Moroccan improvement programs and diseases problems. Barley and Associated breeding methodology workshop. Pages 265-245. Rabat, Morocco.
- Caddel J.I., and Wicoxon R.D. (1975). Resistance of some North American barley cultivars to diseases and lodging in Morocco. *Plant Dis. Repr* **59** : 676-678.
- Comenge E.J. (1977). Status of barley improvement in the european Mediterranean climate. Proc.4th, Regional Winter Workschop - barley. Vol 1. p. 192-198 Amman, Jordan.
- Griffeiths E., Gareth J.D, and Valentine M. (1975). Effects of powdery mildew at different growth stages on grain yields of barley. *Ann. Appl. Biol.* **80** : 343-349.
- Ghodbane A., El-Ahmed A., Labiri F., and Ketata H. (1981). Barley program in Tunisia for improving resistance to powdery mildew. Barley Diseases and Associated Breeding Methodolgy Workshop. p. 126-129. Rabat, Morocco.
- Jenkyn J.F. (1974). Effect of mildew on growth and yield of spring barley : 1969-72. *Ann. Appl. biol.* **78** : 251-288.
- Jenkyn J.F., and Bainbridge A. (1978). Biology and pathology of cereal powdery mildews. In « The Powdery Mildews ». Spencer (ed.). *Academic press.* p. 283-321.
- Last F.T. (1962). Analysis of the effects of *E. graminis* DC. on the growth of barley. *Ann. of Bot. N.S.* **26** : 289-297.

- Lim L.G et Gaunt R.E (1986). The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. 1. Epidemic development, green lead area and yield. *Plant Pathology* **35** : 44-53.
- Lim L.G et Gaunt R.E (1986). The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. 2. Apical development and yield potential. *Plant Pathology* **35** : 54-60.
- MacKey J. (1980). Crop improvement and root : water relations. In « Plant Roots : A Compilatyion of Ten Seminars ». Iowa State University. p. 69-79.
- Schlüter K. (1976). Oïdium des céréales. In « Maladies et ravageurs des plantes cultivées au Maroc ». INRA Rabat, Morocco. p. 27-28.
- Skorda E.A. (1981). Powdery mildew of barley in Greece. In « Barley Diseases and Associated Breeding Methodology Workshop ». p. 117-125. Rabat, Morocco.
- Srivastava J.P. (1977). Barley Production, utilisation and research in the Afro-Asia region. the fourth regional winter Cereal Workshop. Amman, Jordan. pp. 242-259.
- Velasco J.H. (1981). Barley in spain. Pages 256-268. In « Barley Diseases and associated Methodology Workshop ». Rabat, Morocco.
- Weltzien H.C., and Srivastava J.P. (1981). Stress factors on barley productivity and their implications in breeding strategies. In « Barley Genetics IV ». Proc. of the Fourth International barley Symposium, Edinburgh, UK. Asher *et al.* (eds). Edinburgh University Press. p. 351-374.