

Possibilités de lutte biologique contre les maladies du feuillage et des tiges de la luzerne.

Y. Douville¹, C. Richard² et S. Pouleur²

Les auteurs discutent de la possibilité de pratiquer la lutte biologique contre les maladies du feuillage et des tiges de la luzerne. Le pathosystème visé est composé de cinq maladies : la tige noire, la plus importante; la tache lepto, la tache commune et la tache stemphylienne, d'importance secondaire; et l'antracnose, sporadique. Le complexe d'agents pathogènes varie tout au cours de la saison de végétation, mais les pertes de rendement qu'il entraîne peuvent justifier un traitement à chaque coupe. On propose de sélectionner des antagonistes, un pour chaque maladie, et de les appliquer en mélange selon le pathosystème spécifique à chaque époque de la saison de récolte. Le mélange pourra être appliqué sur les débris végétaux comme traitement d'éradication ou encore sur les feuilles comme traitement préventif. Dans ce dernier cas, la stratégie de lutte devra être adaptée aux processus d'infection des champignons pathogènes. Les essais de lutte biologique contre les maladies du feuillage sont à leurs premiers pas. La lutte biologique combinée avec des méthodes traditionnelles de lutte et un modèle de prédiction de la gravité des maladies est la stratégie de répression proposée par les auteurs.

Can. Plant Dis. Surv. 70:1, 5-9, 1990.

In this paper, we discuss the use of biological control of foliar diseases of alfalfa. The pathosystem under consideration involves five diseases of which spring black stem is the most destructive; lepto leaf spot, common leaf spot and stemphylium leaf spot are of secondary importance; and anthracnose is a minor problem. The pathogen complex varies for the entire season, but since the total amount of loss can remain above the economic threshold, a treatment for each harvest is justifiable. We suggest the selection of an antagonist for each disease as an eradicant onto the vegetal debris, or as a preventive directly onto the plants. In the latter case, the control strategy should be adapted to the infection process of the pathogen. Applications can be made as a mixture of antagonists specific for the pathosystem significant at the time of application. Biocontrol of foliar diseases of alfalfa are in their infancy. A biological control program integrated with traditional control methods and a model to predict the severity of disease is probably the most promising strategy.

Introduction

Les maladies des parties aériennes de la luzerne causent des dommages importants à cette culture. Au Québec, le pourcentage de perte de rendement est estimé à 8 % (18) alors qu'on l'évalue à 15 % dans le nord-est américain (5). Au Canada comme aux États-Unis, les principales maladies des parties aériennes sont la tige noire (*Phoma medicaginis* Malbr. & Roum. in Roum., la tache commune (*Pseudopeziza medicaginis* (Lib.) Sacc.) la tache lepto (*Leptosphaerulina trifolii* (Rostr.) Petr.) la tache stemphylienne (*Stemphylium botryosum* Wallr.) et l'antracnose (*Colletotrichum* spp.). Les principaux moyens de lutte se résument présentement à l'utilisation de cultivars résistants et aux pratiques culturales telles que la coupe hâtive et les rotations. Ces méthodes ne s'appliquent toutefois pas à l'ensemble des maladies. Nous pensons que des alternatives, telles que la lutte biologique, doivent être examinées sérieusement. Dans cet article, nous tenterons d'évaluer le potentiel de cette méthode pour la répression des maladies du feuillage de la luzerne. Nous discuterons d'abord de la rentabilité de la répression des maladies. Nous traiterons ensuite du pathosystème impliqué

et aborderons quelques concepts de base pour un système de lutte biologique. Enfin, nous dresserons un bilan des expériences effectuées en lutte biologique contre les maladies du feuillage et traiterons de l'intégration de cette méthode de lutte avec d'autres moyens de répression.

Rentabilité économique de la lutte

Il a été montré à plusieurs reprises que les fongicides protègent la luzerne contre les maladies du feuillage et augmentent le rendement en fourrage (27, 28, 29). Cependant, l'opinion générale des producteurs et des conseillers agricoles est qu'il n'est pas économiquement avantageux de protéger la luzerne contre les agents pathogènes des parties aériennes à l'aide de pesticides. Toutefois, Broschius et Kirby (5) ont évalué plusieurs traitements fongicides dans l'état de l'Illinois et sont arrivés à la conclusion inverse. Ils ont démontré que le traitement le plus rentable était une application de mancozèbe 10 à 14 jours après chaque coupe. Ce traitement a permis d'obtenir un retour de 2,15 \$ pour chaque dollar investi compte tenu d'un prix à la tonne de 72,75 \$ et d'un coût pour chaque application de 17,90 \$/ha. Ce traitement s'est avéré efficace lors de plusieurs coupes différentes et a permis de réduire à 5 % les pertes de rendement attribuables aux maladies estimées à 15 % dans cette étude. Dans ces circonstances, le pourcentage minimum de pertes de rendement pour que l'application de mancozèbe soit rentable est estimée à 8 %. Ce seuil est conservateur puisqu'il ne tient pas compte de l'amélioration probable de la qualité du fourrage.

¹ Dept. of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario N1G 2W1.

² Station de recherches, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec G1V 2J3.

Accepté pour publication le 29 juin 1989.

Malgré l'avantage économique d'un traitement fongicide, il demeure que les pesticides chimiques ne représentent probablement pas la meilleure façon de reprimer ces maladies. La protection de l'environnement, des animaux et des humains exige un traitement spécifique à l'organisme nuisible visé et laissant peu de résidus.

La lutte biologique pourrait être une alternative à la lutte chimique. En plus d'être respectueuse de l'environnement, cette méthode a permis de réduire les pertes dues à plusieurs maladies foliaires. Blakeman et Fokkema (3) et Sharma et Sankar (21) ont effectué une excellente revue de la lutte biologique contre les maladies du feuillage. Plusieurs essais se sont avérés fructueux au champ. Cependant, ce moyen de lutte doit reposer sur des bases biologiques solides afin d'augmenter les chances de réussite.

Pathosystème et concept de lutte biologique

Une connaissance adéquate du pathosystème visé est essentielle pour un développement efficace d'un moyen de lutte. Cette connaissance repose sur l'ampleur des dommages causés par chacune des maladies au cours de la saison de végétation. Une vaste compréhension de l'épidémiologie et des processus d'infection des agents pathogènes est également primordiale.

Thal et Campell (26) soulignent que le pathosystème des maladies foliaires de la luzerne est complexe puisqu'il est constitué de plusieurs agents pathogènes présents en même temps à différents moments de la saison. Nous avons évalué l'importance relative de chaque maladie à différentes périodes de l'année en consultant six rapports d'inventaire (5, 17, 19, 23, 25, 28) réalisés dans le nord-est de l'Amérique du nord (fig. 1). Les variations climatiques et les particularités régionales peuvent modifier ces résultats, mais nous croyons que ce graphique est un portrait assez fidèle de ce pathosystème pour le territoire visé.

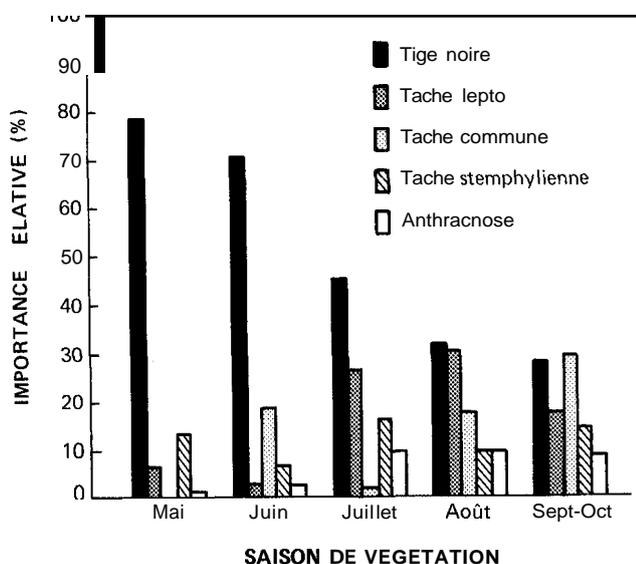


Figure 1. Importance relative des maladies du feuillage de la luzerne à différentes périodes de la saison de végétation.

Le pathosystème varie grandement au cours de la saison végétative. S'il est constitué principalement de la tige noire en mai et en juin, il se diversifie par la suite à mesure que la saison avance. À partir d'août, la diversification atteint son apogée. Quelques tendances se dessinent également quant à l'importance des pertes dues à chaque maladie selon le moment de la saison. La tige noire est de loin la maladie la plus importante. Quelle que soit la période, c'est une des maladies qui provoque le plus de pertes. Pour sa part, la tache lepto occasionne des dégâts peu importants au printemps, moyens à l'automne, mais assez importants en été. La tache commune est pratiquement absente en mai et en juillet, alors qu'elle est la plus importante à l'automne. La tache stemphylienne entraîne des pertes relativement constantes au cours de l'année, mais ne dépassant pas 20 % des pertes attribuables aux maladies. Enfin, l'anthracnose provoque des dégâts mineurs mais constants à partir de juillet.

De l'ensemble de ces observations, on peut tirer plusieurs conclusions. Premièrement, il est rentable de reprimer les maladies des feuilles de la luzerne à la condition de contrôler plusieurs maladies à la fois et non une seule, exception peut-être de la première coupe ou la tige noire domine nettement. Deuxièmement, puisque la luzerne est coupée de deux à quatre fois par année, plusieurs combinaisons de maladies seront rencontrées. Il semble donc nécessaire de mettre au point un traitement biologique multiple extrêmement flexible ayant comme base un mélange de plusieurs antagonistes, chaque antagoniste reprimer une maladie et le mélange variant selon le pathosystème rencontré. Finalement, étant donné son importance, nous croyons que la tige noire devrait faire l'objet des premiers essais de développement d'agents antagonistes, suivie de la tache lepto.

S'il demeure plausible que l'ensemble, ou sinon plusieurs maladies, doivent être réprimées, il faut d'abord savoir comment traiter chaque maladie individuellement. La réponse à cette question passe par la connaissance approfondie des agents pathogènes et de l'épidémiologie de ces maladies (tableau 1). Deux stratégies générales de lutte peuvent être envisagées contre ce pathosystème. Tout d'abord, on peut diriger la lutte contre les sources d'inoculum primaire et secondaire. Dans le premier cas, l'inoculum primaire de tous ces agents pathogènes provient de mycelium ou de sporocarpes présents sur les débris végétaux au printemps. De plus, pour la plupart d'entre eux, la source d'inoculum secondaire est constituée de feuilles tombées au sol après la défoliation ainsi que de tiges mortes. Des agents antagonistes, isolés des structures de propagation ou aptes à coloniser les tissus morts ou moribonds, peuvent donc représenter une voie possible de répression de ces maladies. D'autre part, on peut développer une stratégie de lutte empêchant directement l'infection de la feuille par le champignon pathogène. Dans ce cas, les antagonistes doivent être présents sur les feuilles saines avant l'arrivée des spores infectieuses. Les processus d'infection des champignons pathogènes seront un paramètre important à considérer dans la sélection des antagonistes. Ces processus comprennent la pénétration de la feuille par un tube germinatif via un stomate ou directement à travers la cuticule par un tube germinatif sans appressorium distinct. L'appressorium peut cependant être bien développé, situé sous ou latéralement à la spore et relié à celle-ci par un tube germinatif d'une longueur variable. La plupart des agents

Tableau 1. Caractéristiques des maladies des feuilles de la luzerne.

Maladies	Inoculum primaire		Inoculum secondaire		Mode de pénétration*						Temps requis†	References	
	Debris vegetaux	Graine	Sur la plante	Au sol	Principal			Secondaire					
					A	TG	S	A	TG	S			
Tige noire	Mycelium Pycnidies	Mycelium	N	N	x	55			x	x		21	2, 9, 12, 15
Tache lepto	Périthèces			x	x	30			x			12	9, 14, 24
Tache commune	Apothèces		x	x	x	10			absent			24	9, 10, 13
Tache stemphylienne	Peritheces Mycelium	Mycelium?	?	?		70	x		x			24	4, 9, 22
Anthraxose	Acervules		x	x	x	<5			x	x		24	9, 16

* A = appressorium distinct (penetration directe)
 TG = longueur approximative du tube germinatif en μm
 S = pénétration par les stomates (indirecte)

† Temps requis en heures pour que la majeure partie de la pénétration ait eu lieu

N = Négligeable

? = Donnée non disponible

pathogènes infectent la plante selon plusieurs de ces processus. Dans la discussion qui suivra, nous ne considérerons que le mode d'infection principal, c'est-à-dire celui le plus souvent rencontré.

Tout d'abord, la pénétration de l'hôte est largement accomplie en moins de 24 h pour tous les agents pathogènes. L'action de l'agent antagoniste, qu'elle soit par l'émission de métabolites ou par la privation de substances nutritives, devra donc se faire sentir avant cette période d'infection. L'action des antagonistes sera aussi conditionnée par la longueur et par l'emplacement du tube germinatif. Par exemple, les agents pathogènes de la tache commune, de la tache lepto et de l'anthraxose infectent la plante par un court tube germinatif souvent situé sous la spore. Une action directe contre le tube germinatif semble donc être difficile. L'antagoniste devra alors rendre inopérants les appressoriums en altérant leur morphologie ou leur physiologie. L'antagoniste pourra également réduire la germination des spores de l'organisme visé et conséquemment la formation d'appressoriums.

Une stratégie différente peut être adoptée pour la tige noire et la tache stemphylienne. Pour ces deux maladies, le tube germinatif représente une cible de choix car il est relativement long avant l'infection. La réduction de la croissance de celui-ci ou son altération devrait entraîner une réduction de la maladie. Cette stratégie n'exclut pas le recours à un antagoniste qui réduirait en plus le pourcentage de germination des spores.

À l'inverse, il est possible d'imaginer une stratégie de lutte diamétralement opposée qui consisterait à stimuler la croissance mycelienne du champignon pathogène sur la feuille. Des 1929, Sampson (20) a noté que l'inoculation du *C. trifolii* en suspension dans une solution nutritive favorisait la croissance en surface des feuilles et empêchait la pénétration du champignon. De plus, Jones (10) a observé que les tubes germinatifs du *Pseudopeziza medicaginis* ne pouvaient infecter la plante lorsqu'ils étaient longs. On peut donc penser à une intervention qui viserait à stimuler l'élongation des tubes germinatifs en vue de les rendre inoffensifs. La stimulation de la croissance mycelienne

semble donc utilisable contre certaines maladies. Cet outil peut toutefois constituer une lame à deux tranchants puisqu'il peut entraîner une augmentation de l'infection, comme dans le cas de la tige noire (12).

Lutte biologique : quelques essais

Tres peu de travaux ont été publiés sur la répression biologique des maladies du feuillage de la luzerne. Jones et Lukezic (11) rapportent les résultats d'essais de bactéries contre l'agent de la tige noire. Plusieurs isolats bactériens furent capables d'abaisser à moins de 25 % la germination des conidies du *P. medicaginis* in vitro. Cependant, seulement deux de ces isolats furent efficaces lors d'essais en serres; en champ, seule une espèce de *Flavobacterium*, isolée de feuilles de luzerne, a réduit faiblement la maladie. C'est un exemple d'expérience dont les résultats prometteurs au laboratoire n'ont pas été suivi du même succès en champ.

La tache lepto a fait également l'objet d'essais (7). Différents microorganismes reconnus pour leurs propriétés antagonistes ont été confrontés avec le *L. briosiana* en boîtes de Petri. Le *Pseudomonas putida* (Trevisan) Migula, le *Bacillus subtilis* (Ehrenber) Cohn et le *Trichoderma viride* Pers.: Fr. ont réduit la croissance du *L. briosiana*. L'antagoniste le plus actif, le *T. viride*, a inhibé la germination des spores de *L. briosiana* ainsi que le nombre et la longueur des tubes germinatifs dans une suspension de spores. Aucun des antagonistes n'a réduit significativement la tache lepto lors d'essais en chambre de culture.

Allen et Caddel (1) ont rapporté la présence de champignons saprophytiques sur les tiges tuées par l'antracnose en Oklahoma. Ces champignons ont rapidement recouvert les tissus morts empêchant ainsi la sporulation de l'agent pathogène. C'est un exemple de répression naturelle de maladies en plein champ. Le *Bacillus subtilis* a réduit la croissance mycelienne et la longueur des tubes germinatifs du *C. trifolii* lors de tests in vitro (8). Il déforme également l'extrémité des tubes germinatifs en provoquant la formation de cellules sphériques. Son potentiel antagoniste est présentement à l'étude.

En somme, la lutte biologique contre les maladies des feuilles et de la tige de la luzerne possède un potentiel qui mérite d'être examiné. Une meilleure compréhension des mécanismes impliqués devrait permettre d'améliorer la performance des antagonistes.

La lutte biologique intégrée : une perspective

Comme l'a démontré l'étude de Broscius et Kirby (5), le traitement au mancozebe, quoique efficace et économique, a fait diminuer de 68 % les pertes dues aux maladies foliaires, ce qui laisse place à d'autres méthodes de lutte. La lutte biologique combinée à des moyens traditionnels comme la résistance génétique, la rotation des cultures, l'utilisation de semences certifiées, etc., sera probablement encore plus rentable pour le producteur. De plus, des méthodes indirectes de lutte, telles qu'une fertilisation optimale, peuvent être ajoutées sans grandes difficultés à ce système de lutte.

Une composante toute aussi importante d'un système de lutte intégrée est l'inclusion d'un modèle de prédiction des pertes dues aux maladies foliaires. Nous croyons qu'un

modèle doit faire partie intégrante d'un système de lutte efficace et rentable afin d'éviter tout traitement inutile. Déjà, Sundheim et Wilcoxson (24) rapportent que la gravité de la tache lepto est reliée aux précipitations atmosphériques à certaines périodes de la saison, mais non à la température. De même, Mead (12) précise dans sa synthèse sur la tige noire que cette maladie est favorisée par des températures froides et des conditions humides. Finalement, Morgan et Parbery (13) ont démontré que la tache commune a besoin de plus de 3 jours d'humidité relative élevée afin que les spores puissent être relâchées dans le milieu, germer et pénétrer la plante. Un modèle de prédiction simple, tenant compte par exemple de la température et des précipitations atmosphériques, rendrait plus facile l'utilisation d'un système de lutte intégrée par les producteurs.

Conclusion

Un pathosystème complexe et la nécessité de contrer simultanément plusieurs maladies au cours de différentes périodes de la saison compliquent la mise au point d'un système de lutte biologique. La mise en place d'un tel système demeure possible et devra reposer sur la répression de plusieurs maladies à la fois. Ce système devra probablement être seconde par des méthodes de lutte traditionnelle et être jumelé à un modèle de prédiction des maladies pour atteindre une efficacité optimale.

Remerciements

Nous remercions sincèrement M. Jean-Guy Martin pour l'aide apportée lors des essais sur la tache lepto. Nos remerciements s'adressent également à Mary Bom pour les réflexions apportées à ce travail et à la traduction anglaise du résumé.

References

1. Allen, S.J. et J.L. Caddel. 1985. Symptomatology and ecology of alfalfa anthracnose in Oklahoma. *Plant Dis.* 69:248-251.
2. Bantari, E.E. et R.D. Wilcoxson. 1953. Behaviour of *Phoma herbarum* var. *medicaginis* on resistant and susceptible species of *Medicago*. *Phytopathology* 53:1233-1234.
3. Blakeman, J.P. et N.J. Fokkema. 1982. Potential for biological control of plant diseases on the phylloplane. *Annu. Rev. Phytopathol.* 20:167-192.
4. Borges, O.L., E.H. Stanford et R.K. Webster. 1976. The host-pathogen interaction of alfalfa and *Stemphylium botryosum*. *Phytopathology* 66:749-753.
5. Broscius, S.C. et H.W. Kirby. 1988. Economic evaluation of fungicides for control of alfalfa foliar diseases. *Phytopathology* 78:934-939.
6. Carroll, R.B., E.R. Jones et R.H. Swain. 1977. Winter survival of *Colleotrichum trifolii* in Delaware. *Plant Dis. Rep.* 61:12-15.
7. Douville, Y. et R. Richard. 1988. Augmentation de la tache lepto de la luzerne par le *Trichoderma viride*. *Phytoprotection* 69:129.
8. Douville, Y. et G.J. Boland. 1989. Germination and infection of *Colleotrichum trifolii* in vitro with *Bacillus subtilis* and in vivo on alfalfa leaflets. *Phytoprotection* (70:142-143).
9. Graham, J.H., D.L. Stuteville, F.I. Frosheiser et D.C. Erwin. 1979. A compendium of alfalfa diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, 65 pp.
10. Jones, F. 1919. The leaf-spot diseases of alfalfa and red clover caused by the fungi *Pseudopeziza medicaginis* and *Pseudopeziza trifolii*, respectively. U.S. Dept. Agric. Bull. 759.

11. Jones, M.E. et F.L. Lukezic. 1987. Potential use of bacteria for biocontrol of alfalfa foliar diseases. *Phytopathology* 77:1615.
12. Mead, H.W. 1964. Resume of data on black stem of alfalfa caused by *Ascochyta imperfecta* Peck. *Can. Plant Dis. Surv.* 44:134-141.
13. Morgan, C. et D.G. Parbery. 1977. Ascospore liberation, germination and attachment to host surface by *Pseudopeziza medicaginis*. *Aust. J. Agric. Res.* 28:777-784.
14. Pandey, M.C. et R.D. Wilcoxson. 1970. The effect of light and physiological races on *Leptosphaerulina* leaf spot of alfalfa and selection for resistance. *Phytopathology* 60:1456-1461.
15. Peterson, M.L. et E. Melchers. 1942. Studies on black stem of alfalfa caused by *Ascochyta imperfecta*. *Phytopathology* 32:590-597.
16. Porto, M.D.M., C.R. Grau, G.A. de Zoeten et G. Gaard. 1988. Histopathology of *Colleotrichum trifolii* on alfalfa. *Phytopathology* 78:345-349.
17. Richard, C. et C. Gagnon. 1975. Pourridie fusarienne et maladies du feuillage chez la luzerne au Quebec en 1974. *Can. Plant Dis. Surv.* 55:45-47.
18. Richard, C., M. Letendre, J.-M. Deschênes, C. Lemieux, G. Leroux et B. Maltais. 1989. Protection. Pages 133-193 dans *Plantes fourragères. Culture, AGDEX 120/20. Conseil des productions végétales du Quebec, Quebec, 249 pp.*
19. Richard, C., J. Surprenant et C. Gagnon. 1979. Pertes dues aux maladies chez la luzerne au Quebec en 1978. *Can. Plant Dis. Surv.* 59:48-50.
20. Sampson, K. 1929. Comparative studies of *Kabatiellacaulivora* (Kirch.) Kara and *Colleotrichum trifolii* Bain and Essary, two fungi which cause red clover anthracnose. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 13:103-142.
21. Sharma, J.K. et K.V. Sankaran. 1988. Biocontrol of rust and leaf spot diseases. Pages 1-23 *In: Biocontrol of plant diseases. Vol. 2* K.G. Mukerji et K.L. Garg, ed. CRC Press.
22. Smith, O.F. 1940. Stemphylium leaf spot of red clover and alfalfa. *Jour. Agric. Res.* 61:831-846.
23. Smith, E.A. et G.J. Boland. 1988. Foliar disease survey of alfalfa in southwestern Ontario. *Can. Plant Dis. Surv.* 68:70-71.
24. Sundheim, L. et R.D. Wilcoxson. 1965. *Leptosphaerulina briosiana* on alfalfa: infection and disease development, host-parasite relationships, ascospore germination and dissemination. 1965. *Phytopathology* 55:546-553.
25. Surprenant, J., C. Richard, M. OC. Guibord et C. Gagnon. 1980. Étude de quelques aspects de l'évaluation des pertes dues aux maladies chez la luzerne. *Phytoprotection* 61:1-8.
26. Thal, W.M. et C.L. Campell. 1988. Analysis of progress of alfalfa leaf spot epidemics. *Phytopathology* 78:389-395.
27. Wilcoxson, R.D., O. Bielenberg et H.L. Bissonette. 1973. Yield of alfalfa hay increased by control of foliar diseases. *Plant Dis. Rep.* 57:353-354.
28. Wilcoxson, R.D. et O. Bielenberg. 1972. Leaf disease control and yield increase in alfalfa with fungicides. *Plant Dis. Rep.* 56:286-289.
29. Willis, W.G., D.L. Stuteville et E.L. Sorensen. 1969. Effects of leaf and stem diseases on yield and quality of alfalfa forage. *Crop Science* 9:637-640.

|

|

|

|

|

|

|

|

|