

Effet *in vitro* et *in vivo* de quelques fongicides sur *Curvularia lunata*

Rachida HASSIKOU^{1*}, Khadija HASSIKOU¹,
Amina OUAZZAOUI TOUHAMI¹ & Allal DOUIRA¹

(Reçu le 17/05/2002 ; Accepté le 11/09/2002)

عالية عض الميدات لى اطفيلي رورا وياي اوطين الاصطناعي واطيعي

اهدت ادر اة المنزلة ي او اكميائية و ذلك لى دى المر ال الة نياة رور او ا. قد اضح ن لال ذه ادر اة أن الميد ار يكلازول و الأزر عاية لى نمو انش و لى نمو الأو اغي بين و ظ أن فعول انو يل و الميل- يونات و اذا ايلاندزول غير نر لة إلى أر لى نياة اطفيلي اذي قدم نر ه. أناي او ط اطيعي قد اشفنا أن عالجة انات لعمال 0,5غ/ و 0,75غ/ رن يد ار يكلازول ل و عد ملية المقيح هذا اطفيلي و ن حلة مات الأرز ضد رض اكور ولار وز. اكللمات المفاية : رور او ا-يدات- أرز (أورز ايفا)-ور ولار وز-قاوة

Effet *in vitro* et *in vivo* de quelques fongicides sur *Curvularia lunata*

L'étude *in vitro* de quelques fongicides appartenant à différentes familles chimiques sur les 3 stades de cycle de vie de *Curvularia lunata* a montré que le tricyclazole est le fongicide le plus efficace sur la croissance mycélienne et sur la sporulation. Le benomyl, le méthyl-thiophanate et le thiabendazole ont manifesté une activité variable vis-à-vis des stades de vie de ce champignon. *In vivo*, le traitement des plantes avec 0,5g/l et 0,75g/l de tricyclazole avant et après l'inoculation par ce pathogène assure la protection des plantes de riz contre les manifestations de la curvulariose.

Mots clés: *Curvularia lunata* - Fongicides - *Oryza sativa* - Riz - Curvulariose - Lutte

Effect *in vitro* and *in vivo* of some fungicides on *Curvularia lunata*

The *in vitro* efficacy study of some fungicides on *Curvularia lunata*, showed that the tricyclazole is the most efficient fungicide on the growth and on the sporulation. The benomyl, methyl-thiophanate and thiabendazole showed a variable responses in relation to life stages of *C. lunata*. *In vivo*, studies showed that treating plants with 0,5g/l and 0,75g/l of the tricyclazole before and after inoculation by this pathogen protects plant against the Black Kernel disease.

Key words: *Curvularia lunata* - Fungicides - *Oryza sativa* - Rice - Black kernel disease - Strife

¹ Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, UFR de Mycologie, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kénitra, Maroc

* Auteure correspondante; e-mail: Hassi-Rachida@yahoo.fr

INTRODUCTION

Le riz est exposé à de nombreuses affections parasitaires. Certaines d'importance majeure, d'autres prennent de l'ampleur d'une année à l'autre (Ennaffah *et al.*, 1999). Parmi ces dernières, on trouve la curvulariose due à *Curvularia lunata* qui s'attaque aux grains de riz, causant ainsi une détérioration de leur qualité technologique (Harman, 1983).

L'utilisation des semences traitées par des fongicides est une pratique courante pour protéger le système racinaire et aérien des plantes durant les premiers stades de leur développement (ITCF, 1990). En effet, la plupart des molécules actives des fongicides agissent sur les agents pathogènes par toxicité directe réduisant ainsi le taux de contamination (Lepoivre & Senal, 1989).

Certains fongicides se sont montrés efficaces sur les contaminants des grains de riz. De bons résultats ont été obtenus lorsque ces grains sont traités avec le tricyclazole et le bénomyl (Hassikou *et al.*, 1999). Le traitement des semences par le thiabendazole et certains triazoles a également montré une grande efficacité contre plusieurs contaminants des grains de riz (Fujii, 1983; El Oirdi, 1996). Il paraît très intéressant de tester l'efficacité de ces fongicides sur le développement *in vitro* et *in vivo* de *C. lunata*.

Dans cette étude, on a étudié, d'une part, l'effet de quatre substances actives fongicides: tricyclazole, bénomyl, méthyl-thiophanate et thiabendazole sur la croissance mycélienne, la sporulation et la germination des spores de *C. lunata* et, d'autre part, leurs effets sur la manifestation de la curvulariose sur les feuilles de riz.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Action des fongicides *in vitro*

1.1. Matériel fongique

Sept isolats de *C. lunata* ont été utilisés: CL1, CL2, CL3, CL4, CL5, CL6 et CL7. Ces isolats ont été collectés respectivement à partir des lésions foliaires et à partir des grains des variétés Samar, Kenz, Hayat, 446, Plata, Triomphe et à partir d'une mauvaise herbe (*Echinochloa Crus-galli*). Chaque isolat a été repiqué à partir d'une conidie unique.

1.2. Choix de fongicides

Quatre fongicides ont été utilisés dans cet essai: le tricyclazole (Bim 75%), le bénomyl (Benlate 50%), le méthyl-thiophanate (Pelt 44 70%) et le thiabendazole (Thiabendazole 100%). Ces produits systémiques sont capables de réduire le taux de contamination des grains de différentes variétés de riz par un complexe fongique diversifié y compris *Curvularia lunata* (Hassikou *et al.*, 1999).

1.3. Action des fongicides sur la croissance mycélienne

Les fongicides se présentent tous sous forme concentrée. Pour chacun d'eux, une solution mère a été préparée en solubilisant les fongicides dans l'eau distillée stérile (s'ils sont solubles dans l'eau) ou dans 0,5% de chloroforme (s'ils sont insolubles dans l'eau). C'est le cas du bénomyl et du thiabendazole.

La concentration finale de chaque fongicide testé a été calculée à partir d'une série de dilutions de la solution mère. Chaque fongicide est incorporé dans le milieu de culture PDA maintenu en surfusion dans un bain-marie à 50°C puis coulé dans des boîtes de Pétri (à raison de 20 ml). Pour chaque isolat et chaque concentration de fongicide, 4 boîtes de Pétri sont ensemencées avec un explant de 5 mm de diamètre à partir de la marge d'une culture jeune âgée de 7 jours. Ces boîtes sont incubées à 28°C et à l'obscurité.

Le témoin est réalisé dans les mêmes conditions, mais sans fongicides.

La croissance mycélienne est observée toutes les 48 heures en mesurant le diamètre moyen des colonies pendant 10 jours. Quatre répétitions ont été effectuées pour chaque concentration et pour chaque isolat.

Le pourcentage d'inhibition (PIc) par rapport au témoin est calculé selon la formule suivante (Leroux & Gredet, 1978):

$$PIc = \frac{V_0 - V_c}{V_0} \times 100$$

V₀: vitesse de la croissance du champignon dans le milieu de culture sans fongicide (en mm/h).

V_c: vitesse de la croissance du champignon dans le milieu de culture à une concentration c du fongicide (en mm/h).

1.4. Action des fongicides sur la production de spores

Trois rondelles de 5 mm de diamètre sont découpées à l'aide d'un emporte pièce des cultures âgées de 8 jours et ayant déjà servi à la croissance mycélienne. Elles sont placées dans un tube à vis contenant 1 ml d'eau distillée stérile avec 1 goutte de Tween 20. Les tubes sont agités au vortex pendant 30 secondes, ce qui permet le détachement des spores des conidiophores. La suspension, ainsi obtenue, est filtrée sur la mousseline afin d'éliminer les fragments mycéliens.

Le comptage du nombre total de spores est effectué à l'aide d'un hématimètre, à raison de 10 comptages par suspension et par concentration des fongicides testés. Les moyennes de ces mesures sont par la suite calculées. Les valeurs sont exprimées en nombre de spores par unité de surface en mm².

Le pourcentage d'inhibition de la sporulation (PIs) par rapport au témoin, est calculé comme suit:

$$\text{PIs} = \frac{\text{No} - \text{Nc}}{\text{No}} \times 100$$

No: nombre de spores estimées chez le témoin.

Nc: nombre de spores estimées en présence du fongicide

1.5. Action de fongicides sur la germination des spores

À partir des cultures jeunes (8 jours) des différents isolats de *C. lunata*, des spores sont récoltées dans l'eau distillée stérile. La densité de la suspension est ajustée à 10⁵ spores par ml par estimation de la densité initiale (comptage à l'hématimètre) puis dilution. Des aliquotes de 0,1 ml de la suspension sporale de chaque isolat, ajustée à 10⁵ spores/ml, sont prélevés puis étalés sur des boîtes de Pétri contenant le milieu PDA additionné des différentes concentrations de fongicides testés. Quatre répétitions par concentration et par isolat sont réalisées. Des boîtes témoins ont été réalisées sans fongicides.

Après 3 jours (à cette date, la germination de spores de *C. lunata* est maximale), le comptage de spores germées est effectué sur un total de 300 spores.

Le pourcentage d'inhibition de la germination des spores par rapport au témoin est calculé comme

suit:

No - Nc

$$\text{PI} = \frac{\text{No} - \text{Nc}}{\text{No}} \times 100$$

No: nombre de spores germées dans le milieu de culture sans fongicide

Nc: nombre de spores germées dans le milieu additionné de fongicides

2. Action du fongicide *in vivo*

2.1. Matériel végétal

Les grains de riz fraîchement prélevés à partir des six variétés de riz: Samar, Hayat, Triomphe, Bahja, Nachat et Maghreb sont désinfectés superficiellement à l'aide d'une solution d'hypochlorite de sodium à 0,6% puis lavés 6 fois avec de l'eau distillée stérile. Après séchage, ces semences ont été mises à germer dans des boîtes de Pétri préalablement stérilisées et contenant du papier filtre imbibé d'eau distillée stérile, puis incubées à l'obscurité et à 28°C.

Après 4 jours, les plantules apparues sont transférées dans des pots contenant le sol de la Mamora non stérilisé (sableux et à 0,6% de matière organique). Ces plantules sont ensuite arrosées jusqu'au stade requis pour l'inoculation.

2.2. Préparation de l'inoculum

Les techniques de production d'inoculum et d'inoculation utilisées sont celles décrites antérieurement par Ouazzani Touhami *et al.* (2000) et Hassikou *et al.* (2001). Les plantes ont été inoculées au stade 4 à 6 feuilles en les pulvérisant par une suspension de spores ajustées à 10⁵ spores/ml. Cette suspension a été préparée en raclant la surface des cultures âgées de dix jours et incubées à l'obscurité à 28°C, à l'aide d'une spatule métallique stérile.

2.3. Traitement des plantes par le fongicide choisi

Seul le tricyclazole a été testé pour protéger les plantules de différentes variétés de riz contre l'isolat CL2 de *C. lunata* le plus virulent sur les plantes de riz (Hassikou *et al.*, 2001). Ce fongicide a été utilisé à 2 concentrations: 0,5g/l et 0,75 g/l (dose homologuée). Ces concentrations ont montré une efficacité importante contre les helminthosporioses du riz (Ennaffah, 1999). Trois répétitions ont été effectuées pour chaque concentration.

Deux types de traitement ont été réalisés: un traitement préventif (24 h avant l'inoculation) et un traitement curatif (1 jour après l'inoculation), par pulvérisation de 60 ml du fongicide à 28°C. Les plantes témoins traitées avec le tricyclazole sont pulvérisées avec l'eau distillée stérile. Les plantes inoculées et traitées sont placées pendant 48h, sous une housse en plastique permettant de maintenir une humidité relative de 100%. À la fin de cette période, les plantes sont ramenées dans une serre de culture pour le développement des symptômes.

L'indice de sévérité de la maladie est déterminé par le pourcentage de la surface foliaire malade qui est estimé par l'échelle de notation de Notteghem *et al.* (1980):

Note	% de la surface foliaire malade
0	0
1	0,05
2	0,5
3	1,5
4	3,5
5	7,5
6	1,5
7	37,5
8	62,5
9	87,5

3. Analyse statistique

Le traitement statistique des données a porté sur l'analyse de la variance et sur le test p.p.d.s (au seuil de 5%) qui nous a permis de comparer, d'une part, les valeurs moyennes des CI₅₀ et CI₉₀ de chaque stade du cycle de vie des isolats de *C. lunata* pour chaque fongicide et celles des 3 stades du cycle de vie confondus de chaque isolat pour un même fongicide.

Tableau 1. Comparaison des moyennes des CI₅₀ et des CI₉₀ (en ppm) de la croissance mycélienne de 7 isolats de *C. lunata* en présence de 4 fongicides

Isolats	Tricyclazole		Bénomyl		Méthyl-thiophanate		Thiabendazole	
	CI ₅₀	CI ₉₀	CI ₅₀	CI ₉₀	CI ₅₀	CI ₉₀	CI ₅₀	CI ₉₀
CL1	220c	1160a	1600d	1800c	470d	690f	240d	600f
CL2	150c	350c	1530e	2940a	300e	2300c	110e	1570d
CL3	180c	310c	1680d	2100c	2200a	2860a	530b	880e
CL4	400a	550b	1800c	2180c	600c	1000d	320c	630f
CL5	180c	210d	1670d	2060c	520d	780e	1150a	1780a
CL6	180c	230d	2830a	3100a	2170a	2640b	1110a	1650b
CL7	220b	380c	2580b	2730b	2100b	2810a	1200a	1390c

Les données sont analysées après transformation logarithmique des valeurs des CI₅₀ et des CI₉₀.

Les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles au seuil de 5%

Les pourcentages d'inhibition calculés sont transformés en valeur probit. Les concentrations qui réduisent de 50% (CI₅₀) et de 90% (CI₉₀) la croissance mycélienne ont été déterminées respectivement à partir des équations de régressions linéaires données par les graphiques représentant les probits correspondant aux pourcentages d'inhibition de la croissance (en ordonnées) en fonction des logarithmes des concentrations testées (en abscisses).

Cet analyse statistique nous a aussi permis de comparer les pourcentages moyens des indices de sévérité de la curvulariose pour les deux types de traitement pour la même variété de riz.

RÉSULTATS

1. Action de fongicides *in vitro*

1.1. Effet sur la croissance mycélienne

Les résultats du tableau 1 montrent que tous les isolats de *C. lunata* sont sensibles à certaines concentrations des fongicides testés.

En présence du tricyclazole, les valeurs de la CI₅₀ déterminées pour tous les isolats sont faibles et presque voisines. Elles varient entre 150 et 400 ppm. Cependant, les isolats les plus sensibles sont CL5 avec une CI₉₀ de 210 ppm et CL6 avec une CI₉₀ de 230 ppm. L'isolat CL1 est le plus résistant avec une CI₉₀ de 1160 ppm.

Le bénomyl et le méthyl-thiophanate ont montré une certaine fongitotoxicité sur la croissance mycélienne des isolats de *C. lunata*. Les CI₅₀ et les CI₉₀ sont presque identiques pour tous les isolats, à l'exception de CL3, CL6 et CL7 qui ont présenté des valeurs élevées par rapport aux autres. De même, l'isolat CL2 qui a montré une CI₅₀ faible (1530 ppm) a présenté une CI₉₀ de l'ordre de 2940

ppm en présence du bénomyl. En outre, le thiabendazole s'est montré plus fongitoxique sur la croissance mycélienne par rapport au bénomyl et au méthylthiophanate, mais tous ces fongicides sont moins efficaces que le tricyclazole.

1.2. Effet sur la sporulation

Pour le tricyclazole, les isolats CL2, CL3 et CL5 présentent des CI_{50} plus faibles variant entre 100 et 180 ppm (Tableau 2). En se basant sur les valeurs de la CI_{90} , l'isolat CL2 est le plus sensible ($CI_{90} = 280$ ppm) et l'isolat CL7 est le plus résistant ($CI_{90} = 2170$ ppm).

Le thiabendazole a montré une efficacité moins importante sur la sporulation que celle qui est observée sur la croissance mycélienne des isolats de *C. lunata*. Cependant, le bénomyl et le méthylthiophanate n'ont pas montré un effet notable sur la sporulation de tous les isolats testés par rapport aux autres fongicides.

1.3. Effet sur la germination

Tout en étant plus efficace sur la croissance mycélienne et sur la sporulation, le tricyclazole n'a présenté qu'une activité plus ou moins modérée sur la germination des spores des isolats de *C. lunata* étudiés (Tableau 3). De même, le bénomyl et le méthyl-thiophanate sont plus fongitoxiques sur la germination des spores que sur la croissance mycélienne et la sporulation des isolats testés. En se basant sur les valeurs de CI_{50} , l'effet du thiabendazole sur la germination des spores est presque similaire à celui qui est observé sur la croissance mycélienne des isolats de *C. lunata*.

En général, tous les fongicides testés ont présenté une activité plus ou moins modérée sur les 3 stades de cycle de vie des isolats de *C. lunata*.

L'analyse de la variance des CI_{50} et des CI_{90} des fongicides sur les 3 stades de cycle de vie confondus des isolats de *C. lunata* montre que l'effet fongicide est significatif au seuil de 5%.

Tableau 2. Comparaison des moyennes des CI_{50} et des CI_{90} en (ppm) de la sporulation de 7 isolats de *C. lunata* en présence de 4 fongicides

Isolats	Tricyclazole		Thiabendazole		Bénomyl		Méthyl-thiophanate	
	CI_{50}	CI_{90}	CI_{50}	CI_{90}	CI_{50}	CI_{90}	CI_{50}	CI_{90}
CL1	330b	940b	1220d	2100d	1040f	2000f	3200a	4190a
CL2	100c	280f	320e	2300d	2320c	4580a	1240f	760f
CL3	100c	360e	1700c	2810b	2800a	3600c	2060d	3360c
CL4	280b	510d	1500c	1980e	2420b	2920d	2500b	3100c
CL5	180c	660c	3490a	930a	2150d	3040b	1940d	2790d
CL6	410a	750c	1140d	1810f	1770e	2440e	1370e	2170e
CL7	830a	2170a	2240b	2730c	1020f	1610g	2230c	3900b

Les données sont analysées après transformation logarithmique des valeurs des CI_{50} et des CI_{90} .

Les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles au seuil de 5%.

Tableau 3. Comparaison des moyennes des CI_{50} et des CI_{90} (en ppm) de la germination des spores de 7 isolats de *C. lunata* en présence de 4 fongicides

Isolats	Tricyclazole		Bénomyl		Méthyl-thiophanate		Thiabendazole	
	CI_{50}	CI_{90}	CI_{50}	CI_{90}	CI_{50}	CI_{90}	CI_{50}	CI_{90}
CL1	1070d	1710d	260e	1230d	1610a	1970a	260e	880c
CL2	380e	570f	300e	1150d	330f	1150c	150f	510d
CL3	1610b	2060b	970b	1820b	850e	1720b	520c	760c
CL4	1500c	1880c	1120b	1660c	1080d	1630b	440d	1170b
CL5	1770a	2140a	1540a	2000a	1260c	2300a	1090b	1800a
CL6	900d	1670e	550d	1170d	300f	1230c	1170a	1770a
CL7	1200c	1860c	700c	940e	1500b	1640b	1000b	1100b

Les données sont analysées après transformation logarithmique des valeurs des CI_{50} et des CI_{90} .

Les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles au seuil de 5%.

Tenant compte des valeurs de CI_{50} , le classement des moyennes des fongicides met en évidence l'existence de 3 groupes de fongicides (Tableau 4).

Le tricyclazole et le thiabendazole constituent le premier groupe avec une activité fongitoxique très élevée. Le deuxième groupe renferme le méthyl-thiophanate avec une fongitoxicité intermédiaire. Le bénomyl constitue le troisième groupe présentant une faible fongitoxicité vis-à-vis des 3 stades de cycle de vie confondus de *C. lunata*. Par ailleurs, les valeurs de CI_{90} ont mis en évidence 4 groupes distincts qui diffèrent significativement entre eux au seuil de 5%.

Tableau 4. Classement des moyennes des CI_{50} et CI_{90} (en ppm) des 4 fongicides sur les 3 stades de cycle de vie confondus de *C. lunata* (croissance mycélienne, sporulation et germination des spores)

Fongicides testés	CI_{50}	CI_{90}
Bénomyl	2780a	4020a
Méthyl-thiophanate	2580b	3810b
Thiabendazole	1290c	2990c
Tricyclazole	1240c	1660d

Les données sont analysées après transformation logarithmique des valeurs de CI_{50} et CI_{90} .

Les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre elles au seuil de 5%.

2. Action *in vivo* du tricyclazole sur le développement de la curvulariose

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (traitement) montre des différences significatives au seuil de 5% pour les deux types de traitement (Tableau 5).

Le tricyclazole réduit significativement le pourcentage moyen de l'indice de sévérité de la maladie par rapport au témoin inoculé, mais à des degrés variables. En effet, les différentes variétés

de riz testées ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis de ce fongicide.

Le traitement curatif des plantules s'avère beaucoup plus important que le traitement préventif. En effet, les indices de sévérité de la maladie sont nuls chez les variétés Bahja, Samar et Triomphe. Pour les variétés Maghreb et Hayat, le fongicide testé n'est efficace qu'à 0,75 g/l.

Pour le traitement préventif des plantes avec une concentration de l'ordre de 0,5 g/l, les indices de sévérité de la curvulariose varient entre 22 et 59%, mais pour les plantes traitées avec une concentration de l'ordre de 0,75g/l, les indices de sévérité de la maladie sont nuls chez les variétés Maghreb, Triomphe et Nacha. Par contre, ils varient entre 18 et 48% chez les autres variétés testées.

Il ressort de ces résultats que le traitement préventif des plantes avec une concentration de l'ordre de 0,75 g/l est efficace contre le développement de la curvulariose sur les variétés Maghreb, Triomphe et Nachat. Pour protéger les variétés du riz contre *C. lunata*, les deux traitements sont nécessaires.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans cette étude, on a procédé à l'évaluation de l'influence de 4 fongicides sur les 3 stades de cycle de vie de *C. lunata*.

En se basant sur les valeurs des CI_{50} et des CI_{90} , le tricyclazole s'avère le plus actif aussi bien sur la sporulation que sur la croissance mycélienne de *C. lunata*. Cette activité inhibitrice est enregistrée avec des concentrations qui sont aussi faibles que celles qui sont utilisées pour les autres fongicides.

Une étude réalisée par Viswanathan & Narayanasamy (1992) a montré l'efficacité *in vitro* du tricyclazole sur les 3 stades de cycle de vie de 4 espèces fongiques pathogènes sur le riz. À 500

Tableau 5. Effet du tricyclazole sur la réduction de la sévérité de la "curvulariose" du riz

Traitements	Variétés.....					
	Bahja	Magreb	Samar	Triomphe	Nachat	Hayat
TI	60,45 a	78,62 a	71,49 a	86,43 a	59,41 a	60,45 a
TP1	48,38 b	37,34 b	59,41 b	22,40 b	33,44 b	52,44 b
TP2	37,34 c	0	18 c	0	0	48,38 c
TC1	0	37,34 b	0	0	32,41 c	41,60 d
TC2	0	0	0	0	27,34 d	0

Les moyennes de la même colonne ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement entre-elles au seuil de 5% (test L.S.D).

TI: témoin inoculé avec CL2.; TP1: traitement préventif à 0,5 g/l. ; TP2: traitement préventif à 0,75 g/l. ; TC1: traitement curatif à 0,5 g/l.

TC2: traitement curatif à 0,75 g/l.

ppm, ce fongicide apparaît efficace contre *Pyricularia oryzae* (*Magnaporthe grisea*) et contre *Thanatephorus cucumeris*. Pour des concentrations qui varient entre 1000 et 1500 ppm, ce même fongicide agit efficacement sur *Helminthosporium oryzae* et sur *Sarocladium oryzae*.

Plusieurs auteurs (Peterson, 1990; Wheeler & Klich, 1995; Caesar-Tonthat *et al.*, 1995; Elliott, 1995) ont montré que le tricyclazole agit au niveau de la pigmentation des spores de plusieurs espèces d'*Aspergillus*, de *Penicillium*, de *Pyricularia oryzae* et d'autres champignons par l'inhibition de la synthèse de la mélanine.

Manandhar *et al.* (1995) ont montré que le tricyclazole inhibe la formation des appressoria de *Colletotrichum capsici* et affecte aussi la germination des spores qui jouent un rôle dans le processus de l'infection du piment.

Cependant, le bénomyl et le méthyl-thiophanate agissent presque dans le même sens sur la germination de spores de ce parasite. Ces résultats sont en concordance avec ceux d'Olufolaji (1996) qui a rapporté que le bénomyl inhibe fortement la germination des spores de *Curvularia cymbopogonis*.

Le thiabendazole s'avère très actif aussi bien sur la croissance mycélienne que sur la germination des spores de *C. lunata*, mais présente une action modérée sur la production des spores de ce pathogène. El Oirdi (1996) et Tajani *et al.* (1999) ont montré que les benzimidazoles et les dérivés carbamiques, respectivement le bénomyl, le thiabendazole et le méthyl-thiophanate, présentaient une grande efficacité fongitoxique sur les trois stades de cycle de vie de *Pyricularia oryzae*. D'autres auteurs (El-Eraky *et al.*, 1993; Sisterna & Ronco, 1994; San-Juan, 1997) ont montré les effets de ces fongicides sur *C. lunata*, *Alternaria alternata*, *Fusarium moniliforme*, *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus niger* et sur *Thielaviopsis paradoxa*. De leur côté, Dickinson & Wallace (1976) ont signalé que les fongicides qui ont un large spectre d'activité se sont montrés très actifs sur différentes étapes du développement de *Curvularia cymbopogonis*.

Le thiabendazole a prouvé nettement son efficacité sur la germination des spores avec des valeurs des CI_{50} et CI_{90} plus faibles que celles qui sont obtenues par les autres fongicides. D'après

Cochrane (1960), le site d'action primaire du thiabendazole semble inhiber le transport des électrons dans la chaîne respiratoire et, par conséquent, la production d'énergie cellulaire nécessaire à la germination des spores (Leroux, 1986).

Il a été observé également une certaine différence entre les valeurs des CI_{50} et CI_{90} des 4 fongicides sur les 3 stades de cycle de vie confondus des isolats de *C. lunata*. L'étude statistique des moyennes des CI_{50} et CI_{90} de ces isolats nous a permis de classer les fongicides et de montrer une différence significative entre eux. Ce résultat est conforme avec ceux qui sont signalés par Brenneman & Murphy (1991) et Decal *et al.* (1994) qui ont utilisé la moyenne des CI_{50} des isolats de *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* et *Monilia laxa* respectivement pour montrer la différence de sensibilité de ces espèces vis-à-vis des fongicides testés.

Le traitement des plantes, appartenant à 6 variétés de riz, avec le tricyclazole a révélé que ce produit chimique aux concentrations utilisées (0,5 g/l et 0,75 g/l) a une action inhibitrice sur la réduction de l'indice de sévérité de la maladie. Cette action inhibitrice dépend de la concentration du fongicide utilisée et du type de traitement appliqué. En effet, en traitement curatif, le fongicide a présenté une efficacité élevée et a permis de réduire la sévérité de la maladie. Par ailleurs, l'application d'une dose élevée de fongicide (0,75 g/l) augmente le contrôle de la curvulariose en traitement préventif.

Plusieurs auteurs (Martin & Sanderson, 1988; Tajani *et al.*, 1999) ont montré que certains fongicides systémiques comme les triazoles sont efficaces contre plusieurs maladies des céréales. De même, Remplel & Hall (1995) ont montré l'efficacité de 3 fongicides (triadimefon, diconazole et uniconazole) de la famille des triazoles sur la réduction de l'incidence de la maladie des plantes de colza infestées par *Leptosphaeria maculans*. Ceci a entraîné une augmentation du poids de la graine et de la vigueur de la plante et, par conséquent, une amélioration nette du rendement.

Des essais effectués dans le champ ont mis en évidence l'efficacité de l'action du tricyclazole combiné au mancozèbe au niveau de la protection des plantes de 5 variétés de riz cultivées en Inde, contre l'helminthosporiose due à *H. oryzae* (Chhetry, 1993).

RÉFÉRENCES CITÉES

- Brenneman TB & Murphy AP (1991) Activity of tebuconazole on *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*, two soilborne pathogens of peanut. *Plant Disease* 75 (7):744-747
- Caesar-Tonthat TC, Van-Ommen-Kloeke F, Geesey GG & Henson JM (1995) Melanin production by a filamentous soil fungus in response to copper and localization of copper sulfide by sulfide-silver staining. *Applied and Environmental Microbiology* (USA) 61 (5): 1968-1975
- Chhetry GKN (1993) Effect of some fungicides on the brown leaf spot in five paddy varieties. *Annals of Plant Protection Sciences* 1 (2): 135-136
- Cochrane YW (1960) Spore germination. *Pl Path* 5: 167-202
- Decal A, Pascual S & Melgarejo P (1994) *In vitro* studies on the effects of fungicides on beneficial fungi of peach twig mycoflora. *Mycopathologia* 126: 15-20
- Dickinson CH & Wallace B (1976) Effects of late application of foliar fungicides on activity of micro-organism on winter wheat flag leaves. *Transaction of the British Mycological Society* 67: 103-112
- El Oirdi M (1996) Contribution à l'étude de la pyriculariose de riz due à *Pyricularia oryzae*. Application de quelques moyens de lutte. Thèse de doctorat de troisième cycle, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences de Kénitra, 139 p.
- El-Eraky A, Saeed FA, MOhamed MS & Amein AM (1993) Fungi associated with wheat grains in Upper Egypt and their chemical control. *Assiut Journal of Agricultural Sciences* 24:245-262
- Elliott ML (1995) Effect of melanin biosynthesis inhibiting compounds on *Gaeumannomyces* species. *Mycologia* 87 (3): 370-374
- Ennaffah B (1999) Étude des *Helminthosporium* du riz: pouvoir pathogène, interactions compétitives, contamination et mesures de lutte chimique. Thèse de Doctorat, Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences de Kénitra, 122p.
- Ennaffah B, Ouazzani Touhami A & Douira A (1997) *Helminthosporium spiciferum* foliar parasite of rice in Morocco. *Agronomie: plant genetics and breeding* 17: 1-2
- Ennaffah B Ouazzani Touhami A & Douira A (1999) Pathogenic capacity of *Helminthosporium spiciferum*: Foliar parasite of rice in Morocco. *Journal of Phytopathology* 147: 377-379
- Harman GE (1983) Mechanism of seed infection and pathogenesis. Symposium: Deterioration mechanisms in seeds. *The American Phytopathological Society* 73 (2): 326-329
- Hassikou K, Hassikou R & Douira A (1997) Behaviour of some rice cultivars in relation to *Curvularia lunata*. *Phytopath Med* 73: 445-457
- Hassikou K, Ouazzani Touhami A, El Yachioui M & Douira A (1999) Chemical control against the fungus associated with the rice seed. *Fourth African Crop Science Conference* pp.146-147
- Hassikou K, Hassikou R & Douira A (2001) Etude du pouvoir pathogène de *Curvularia lunata* sur certaines variétés du riz cultivées dans la région de Gharb, Maroc. Les cultures de la recherche. Univ. Hassan II, volume III, n°1: 19-31
- ITCF (1990) Le traitement des semences pour un grain de beauté. *Phytoma* 420: 16-17
- Jin MZ, Cair Y, Zhang QS & Lin WC (1994) Preliminary study of symptoms and pathogen of coloured rice grains. *Plant protection* 20: 7-8
- Leroux P & Grdet A (1978) Document sur l'étude de l'activité des fongicides, INRA, Versailles, 26 p.
- Lepoivre P & Semal J (1989) La lutte biologique en phytopathologie. Pages: 465-487 in: *Traité de Pathologie Végétale*, J Semal, ed. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique
- Leroux P (1986) Rapport général sur la lutte chimique contre les champignons phytopathogènes. Mode d'action des fongicides et phénomènes de résistance IV^{ème} Congrès sur la protection de la santé humaine et des cultures en milieu tropical. *Chambre de commerce et d'industrie de Marseille, France* pp. 148-162
- Manandhar JB, Harman GL & Wang TC (1995) Conidial germination and appressorial formation of *Colletotrichum capsici* and *C. gloeosporioides* isolates from pepper. *Plant Disease* 79 (4): 361-366
- Martin RA & Sanderson JB (1988) Yield of barley in response to propiconazole. *Can J Plant Pathol* 10: 66-72

- Mishra AK, Dharam R & Vir D (1991) Wild rice and its crosses, the alternative hosts of paddy grain discolouring fung. *International Journal of Tropical Plant Disease* 9: 123-125
- Notteghem JL, Anriatempo GM, Chatel M & Dechanet R (1980) Techniques utilisées pour la selection de variétés du riz possédant la résistance horizontale à la pyriculariose. *Ann Phytopathology* 12(3): 199-226
- Ouazzani Touhami A, Hassikou K, El Yachioui M & Douira A (1999) Lutte biologique contre *Curvularia lunata* au niveau des graines de riz par l'utilisation de quelques espèces du genre *Trichoderma*. *Les cahiers de la Recherche* n°1: 21-31
- Ouazzani Touhami A, Ennaffah B, El Yachioui M & Douira A (2000) Pathogénie comparée de 4 espèces d'*Helminthosporium* obtenues à partir des plantes malades du riz au Maroc. *Journal of Phytopathology* 148: 221-226
- Olufolaji DB (1996) Effects of some fungicides on germination, growth and sporulation of *Curvularia cymbopogonis*. *Cryptogamie, Mycol* 17 (1): 47-53
- Peterson LG (1990) Tricyclazole for control of *Pyricularia oryzae* on rice: the relationship of the mode of action and disease occurrence and development. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, 122-130
- Rempel CB & Hall R (1995) Effects of time and rate of application of triazole fungicides on incidence and severity of blackleg and growth and yield of canola. *Canadian Journal of Plant Science* 75 (3): 737-743
- San-Juan NC (1997) Etiology and dynamics of the stem bleeding disease of coconut (*Coco nucifera L.*) in the Philippines. College Laguna (Philippines)
- Sisterna M & Ronco L (1994) Efficacy of three fungicides for controlling growth of five seedborne fungi associated with rice grain spotting *International Rice Research Notes* (Philippines)19: 25-26
- Tajani M, El Oirdi M, Douira A & El Haloui NE (1999) *In vitro* effect of some fungicides on *Magnaporthe grisea* development. *Phytopathol Medi* 38: 13-19
- Viswanathan R & Narayanasamy P (1992) Effect of tricyclazole and mancozeb on rice pathogens. *Madras Agricultural Journal* 79: (12) 670-674
- Wheeler MH & Klich MA (1995) The effects of tricyclazole, pyroquillon, phtalide and related fungicides on the production of conidial wall pigments by *Penicillium* and *Aspergillus* species. *Pesticide-Biochemistry and Physiology* 52:125-136