

# Effets de micro-organismes contre *Pythium* spp. et sur la croissance de jeunes plants de lisianthus

Yannick FLEURY<sup>1,2</sup>, François LEFORT<sup>2</sup>, Cédric CAMPS<sup>1</sup> et Pascal SIGG

<sup>1</sup>Agroscope, 1964 Conthey

<sup>2</sup>hepia, 1202 Genève

Renseignements: Yannick Fleury, e-mail: yannick.fleury@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 35 38



Système racinaire de lisianthus sain et infecté (à droite) par *Pythium* spp.

## Introduction

Le lisianthus (*Eustoma russellianum* ssp. *grandiflorum*), une plante originaire des prairies du centre et du sud des Etats-Unis, est surtout cultivé pour la fleur coupée. Pratiquée dès les années 1950 au Japon, cette culture prend son essor dans les années 1980 après la mise sur le marché de cultivars F1 par des firmes japonaises

(Halevy et Kofranek 1984). Cette espèce possède une attractivité certaine pour les producteurs: demande de la clientèle en hausse, rémunération intéressante et importante recherche variétale, entre autres (Hostachy *et al.* 2002). Cependant, sa culture est compliquée par la croissance très lente des jeunes plants et par une grande sensibilité à certains champignons et oomycètes, et notamment plusieurs espèces de *Pythium* responsables de

la fonte des semis et de nécroses racinaires. La lutte prophylactique et la lutte chimique montrent chacune leurs limites et une solution microbiologique est recherchée pour lutter contre *Pythium* spp. (effet BCA, *Biological Control Agent*) et pour favoriser la croissance des jeunes plants (effet PGP, *Plant Growth Promoting*).

Les études sur les micro-organismes en culture de lisianthus sont rares. Meir *et al.* (2010) ont mis en évidence une augmentation significative de la longueur de la tige et du nombre de tiges au mètre carré après l'inoculation de *Glomus intraradices* en pépinière. Ferre et Tragin (2009) ont testé les souches *Bacillus subtilis* QST 713 et *Trichoderma atroviride* LC52 pour lutter contre la fusariose et comme PGP. L'inoculation de *B. subtilis* a diminué le nombre de plantes touchées par la fusariose de 55 % et a favorisé la croissance de 60 %. Les résultats obtenus avec *B. subtilis* QST 713 sont sensiblement meilleurs qu'avec *T. atroviride* LC52 pour les deux effets. Agroscope a mis en place un essai en 2012 pour évaluer l'effet BCA et/ou PGP de trois micro-organismes sur les jeunes plants de lisianthus.

## Matériel et méthodes

### Micro-organismes utilisés

Les trois espèces de micro-organismes testées, *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium catenulatum* et *Glomus intraradices*, présentent des effets potentiels intéressants de BCA et/ou de PGP et sont déjà commercialisées, sans être spécifiquement homologuées en Suisse pour la culture de lisianthus. L'effet BCA est évalué par des tests de confrontation *in vitro*, tandis que l'effet PGP est testé sur la culture de plants en micro-motte. Pour l'effet BCA, seuls deux micro-organismes sont utilisés, car le troisième nécessite la présence de tissus végétaux et ne peut être cultivé en boîte de Petri.

#### *Trichoderma harzianum*

Ce champignon est l'un des plus étudiés pour la lutte microbiologique. La souche utilisée dans l'essai est la T-22, commercialisée par l'entreprise Koppert (Pays-Bas) sous le nom de Trianum-P à la concentration de  $1 \times 10^9$  CFU/g.

#### *Gliocladium catenulatum*

Ce champignon antagoniste possède trois modes d'action: concurrence, parasitisme et production d'antibiotiques. La souche J1446, initialement isolée en Finlande sur des racines d'orge, est couramment utilisée. La spécialité commerciale Prestop® de chez Verdera (Finlande) contient la souche J1446 à une concentration de  $2 \times 10^8$  CFU/g.

**Résumé** ■ Le lisianthus (*Eustoma russellianum* ssp. *grandiflorum*) est une plante ornementale de haute valeur cultivée pour la fleur coupée. Sa culture est cependant difficile en raison d'une sensibilité importante à divers champignons et oomycètes du sol et par sa longue durée. Pour compléter les luttes prophylactique et chimique, qui montrent chacune leurs limites, une solution microbiologique est ainsi recherchée contre *Pythium* spp. et pour favoriser la croissance des jeunes plants. Dans ce but, trois champignons à effet potentiellement antagoniste (*Biological Control Agent*, BCA) et/ou d'induction de croissance (*Plant Growth Promoting*, PGP) ont été évalués à travers deux expériences. Les résultats montrent notamment la très bonne efficacité *in vitro* de *Gliocladium catenulatum* et de *Trichoderma harzianum* contre différentes espèces de *Pythium* et l'aptitude de *Glomus intraradices* à favoriser *in vivo* la croissance des jeunes plants.

#### *Glomus intraradices*

Ce champignon mycorrhizien à arbuscules est un endosymbionte obligatoire, qui vit grâce aux hydrates de carbone fournis par les cellules racinaires des plantes hôtes (Wamberg *et al.* 2003). La souche utilisée ici est la préparation commerciale Vaminoc® d'Andermatt Biogarten (Suisse). Sa concentration est de 850 CFU/g.

#### Matériel végétal

Les graines de lisianthus (cultivars Abc 2-3 'Blue' et Abc 3-4 'Rose') sont produites par PanAmerican Seeds (USA) et enrobées sans être traitées au thirame.

#### Souches de *Pythium*

La souche de *Pythium ultimum* 67-1 (Allelix Agriculture, Canada) a notamment démontré son pouvoir pathogène sur concombre (Keel *et al.* 2002) et sur trois blés d'hiver suisses (Meyer *et al.* 2010). La souche *P. aphani-dermatum* CBS 116664 provient, comme les deux suivantes, de CBS (Centraalbureau voor Schimmelcultures, Pays-Bas). *P. angustatum* (CBS676.95) a été isolé en 1994 dans un sol de serre de concombres. *P. middletonii* (CBS 679.95) provient d'une solution nutritive de culture de concombres de Norvège. La souche appelée ici *Pythium* 'producteur' a été prélevée en 2012 sur un plant de concombre dans le canton de Fribourg.

### Milieux de culture

#### V8 clair

Ce milieu se compose de 200 ml d'un jus de huit légumes (V8 Campbell soup, Etats-Unis), de 2 g de CaCO<sub>3</sub>, de 17 g d'agar et de 0,2 g de sitostérol (dans 10 ml de chloroforme) selon Erwin et Ribeiro (1996), modifié. Le jus de légumes est centrifugé à 5000 t/min pendant dix minutes. Seul le surnageant est récupéré.

#### Potato-Dextrose-Agar + auréomycine (PDAa)

Ce milieu est élaboré avec 39 g de PDA, 1000 ml d'eau déionisée et 2 ml d'une solution à l'auréomycine. Cette solution comporte 10 ml d'éthanol, 10 ml d'eau déionisée et 250 mg d'auréomycine (chlortétracycline\*HCl).

#### Glucose-soil extract agar (GSEA)

Ce milieu se rapproche des éléments présents dans le sol. Il comprend 1 g de glucose, 0,5 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 100 ml d'extrait de sol, 900 ml d'eau du robinet et 15 g d'agar (d'après Dhingra et Sinclair 1995). Le sol a été remplacé par le substrat «Type 3» (Brill) utilisé dans nos expériences. L'extrait est préparé en autoclavant pendant trente minutes 1 kg de substrat «Type 3» dans 1 l d'eau. Un demi-gramme de CaCO<sub>3</sub> est ensuite ajouté, puis cette solution est passée à travers un double filtre en papier.

#### Corn Meal Agar (CMA)

Ce milieu est simplement élaboré avec 17 g de Cornmeal agar et 1 l d'eau déionisée selon les recommandations du fabricant (Becton, Dickinson and Co, Etats-Unis).

### Tests d'antagonisme *in vitro*

#### *Pythium* spp. vs *Gliocladium catenulatum*

Le test de confrontation a été mené sur le milieu GSEA. Un plug (carré découpé dans une culture solide) de 1 cm<sup>2</sup> de *Pythium* sp. préalablement cultivé onze jours sur V8 clair a été disposé au centre d'une boîte de Petri en plastique d'un diamètre de 85 mm. Deux plugs de *G. catenulatum* préalablement cultivé onze jours sur PDAa à partir de la poudre commerciale Prestop® ont été placés de part et d'autre du premier. Les trois plugs ont été alignés à équidistance. Pour chacune des cinq souches, deux boîtes ont été mises en culture. L'inhibition a été mesurée en comparant la croissance de *Pythium* sp. en direction de *G. catenulatum* avec sa croissance perpendiculaire à l'antagoniste. Les mesures ont été faites lorsque *Pythium* sp. atteignait l'extrémité de la boîte.

#### *Pythium* spp. vs *Trichoderma harzianum*

Ce test de confrontation a été mené en deux étapes en raison du mode d'action de *T. harzianum* qui privilégie les contacts d'hyphe à hyphe (Benhamou et Chet 1997).

La deuxième étape a consisté à juger de la présence d'hyphes viables de *Pythium* sp.

Le test a été réalisé sur milieu GSEA. Un plug de *Pythium* sp. préalablement cultivé dix-huit jours sur V8 clair a été disposé à une extrémité de la boîte de Petri. Après 24 heures, un plug de *T. harzianum* a été déposé à l'autre extrémité de la boîte. La croissance de *Pythium* sp. a été mesurée après 48 heures. Un plug de *Pythium* sp. provenant de la même culture a été disposé dans une boîte témoin sans *T. harzianum* pour comparer la vitesse de croissance entre les deux situations. Trois boîtes ont été mises en culture par souche de *Pythium*. Après huit jours, un plug a été prélevé dans la zone de rencontre entre les deux champignons de chaque boîte et disposé sur milieu CMA à l'extrémité d'une boîte de Petri. L'observation au microscope Olympus BX41 (x1000) de trois fragments de milieu gélosé colorés au bleu de lactophénol devait ensuite permettre d'identifier un seul ou les deux champignons dans cette dernière boîte.

### Tests de promotion de la croissance

#### Dispositif expérimental

Les deux cultivars ont été semés en plaque multipots (PMP) de 150 alvéoles de 25 cm<sup>3</sup> avec une graine par alvéole. Au total, 3600 graines, réparties dans quatre traitements (trois micro-organismes et le témoin), ont été semées par cultivar. Pour l'inoculation, *G. intraradices* a été mélangé au substrat lors du semis à raison de 25 g de Vaminoc® par litre de substrat, tandis que les deux autres champignons ont été apportés par arrosage lors du semis, à raison de 3 g/m<sup>2</sup> pour Trianium-P et 10 g/m<sup>2</sup> pour Prestop®.

#### Suivi de culture

Les PMP ont été disposées aléatoirement en chambre de germination sur des étagères de trois étages, équipés chacun de deux tubes fluorescents OSRAM L-FLUORA de 65 W. Les consignes de température étaient de 20 °C la nuit et 23 °C le jour. La chambre de germination est chauffée par le dégagement de chaleur des tubes fluorescents et la température régulée par un extracteur qui évacue l'air à l'extérieur de la chambre. Les PMP sont maintenues constamment humides par deux à trois bassinages quotidiens. L'apport de *T. harzianum* et de *G. catenulatum* est répété à raison de 1,5 g/m<sup>2</sup> toutes les dix semaines pour le Trianium-P et de 10 g/m<sup>2</sup> toutes les trois semaines pour le Prestop®.

### Mesures et statistiques

L'inhibition par *Gliocladium catenulatum* a été calculée selon la formule de Joshi *et al.* (2010):  $I = [(C-T)/C] * 100$  où I est le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de *Pythium* sp., C la croissance de *Pythium*

dans la boîte témoin et T la croissance de *Pythium* confronté à l'antagoniste.

L'inhibition par *Trichoderma harzianum* a été calculée de la même manière. Les valeurs ont ensuite été transformées par un logarithme en base 10 pour effectuer un test t à deux échantillons.

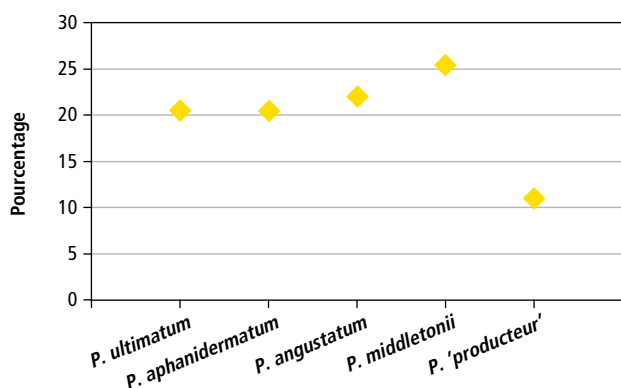
Pour la partie PGP, la durée entre le semis et le stade de plantation a été mesurée. Ce dernier est atteint lorsque la tige mesure au moins 1 cm. Les plantules ont été comptées deux fois par semaine pour déterminer le moment où 64 plantes (correspondant à une surface de plantation de 1 m<sup>2</sup>) du même traitement ont atteint le stade de plantation.

## Résultats et discussion

### Antagonisme *in vitro*

#### *Pythium* spp. vs *Gliocladium catenulatum*

Chaque point représenté sur la figure 1 correspond au taux de croissance moyenne par boîte de Petri et par espèce de *Pythium*. La croissance de *P. ultimum* n'a été mesurée que dans une seule boîte; pour une raison indéterminée, le champignon ne s'est pas développé dans l'autre. L'inhibition moyenne observée varie de 75 % pour *P. middletonii* à 89 % pour la souche *P. 'producteur'* (tabl. 1).



**Figure 1** | Pourcentage de croissance des différentes souches de *Pythium* avec *Gliocladium catenulatum* par rapport à une croissance sans *G. catenulatum*. Moyenne de quatre répétitions.

**Tableau 1** | Inhibition de la croissance mycélienne de *Pythium* spp. par *Gliocladium catenulatum*

Souche de <i>Pythium</i>	Moyenne de I (%) ± IC
<i>P. ultimum</i> (1)	79,4 ± 7,7
<i>P. aphanidermatum</i> (2)	79,4 ± 9,3
<i>P. angustatum</i> (3)	77,9 ± 7,7
<i>P. middletonii</i> (4)	75,0 ± 9,3
<i>P. 'producteur'</i> (5)	89,0 ± 4,6

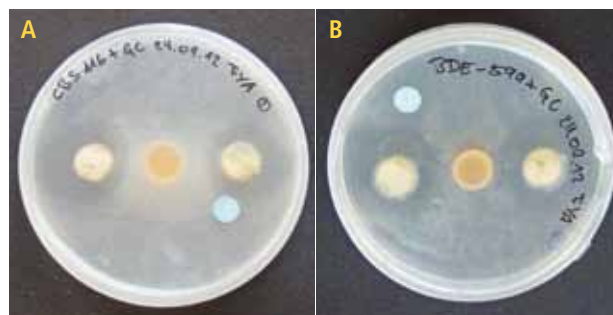
I = inhibition. ± IC = ± intervalle de confiance à 0,05.

Sur la figure 2, la zone d'exclusion est clairement visible entre *Pythium aphanidermatum* (A) ou la souche *P. 'producteur'* (B) au centre et les deux plugs de *Gliocladium catenulatum* sur les côtés.

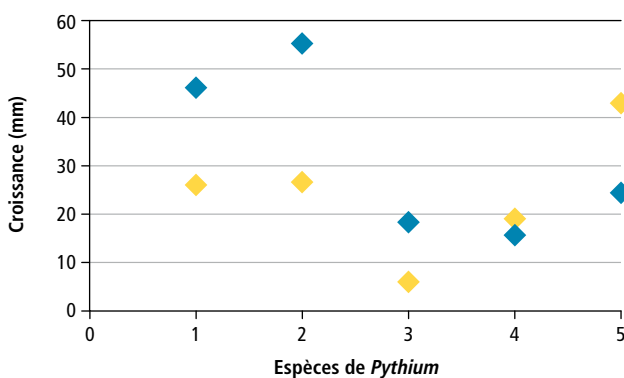
Les travaux de McQuilken *et al.* (2001) sur l'utilisation de la souche J1446 pour lutter contre la fonte des semis provoquée par *P. ultimum* et *Rhizoctonia solani* sur des plantules de pensées (*Viola tricolor*) et de gueules-de-loup (*Antirrhinum majus*) vont dans le sens des résultats obtenus dans notre travail. Dans certains cas, *G. catenulatum* a montré une efficacité comparable aux fongicides couramment utilisés en production. De plus, ces auteurs indiquent que ce champignon a la capacité avantageuse de s'installer de manière durable: 28 jours après l'inoculation, il est encore présent dans le substrat à raison de 10<sup>6</sup> CFU/cm<sup>3</sup> pour une concentration initiale de 10<sup>8</sup> CFU/cm<sup>3</sup>.

#### *Pythium* spp. vs *Trichoderma harzianum*

Le graphique des valeurs individuelles (fig. 3) permet de comparer visuellement la croissance des différents *Pythium* avec et sans *Trichoderma harzianum*.



**Figure 2** | Confrontation entre *Gliocladium catenulatum* et *Pythium aphanidermatum* (A) respectivement *P. 'producteur'* (B). Au centre *P. aphanidermatum* et de chaque côté un plug de *Gliocladium catenulatum*. Le point bleu sert uniquement à identifier le milieu utilisé.



**Figure 3** | Croissance en millimètres de *Pythium* spp. confrontés (marqueurs bleus) ou non (marqueurs jaunes) à *Trichoderma harzianum*. 1) *P. ultimum*, 2) *P. aphanidermatum*, 3) *P. angustatum*, 4) *P. middletonii* et 5) *P. 'producteur'*. Moyenne de trois répétitions.

Le test t consécutif à la transformation des valeurs par un logarithme en base 10 permet de poursuivre la comparaison. Pour *P. ultimum* (1), *P. aphanidermatum* (2) et *P. 'producteur'* (5), la croissance est significativement plus faible, au seuil de 5 %, en présence de *T. harzianum* (tabl. 2). Le déficit de croissance de *P. angustatum* (3) en présence de *T. harzianum*, bien que clairement visible graphiquement, n'est toutefois pas significatif au seuil de 5 %, certainement parce que seules deux mesures, de surcroît relativement différentes, ont pu être faites en présence de *T. harzianum*. Pour *P. middletonii* (4), la croissance est comparable avec et sans *T. harzianum*.

Dans les observations au microscope, la coloration au bleu de lactophénol n'a permis de déceler la présence de *Pythium* spp. dans aucune boîte. Seul *T. harzianum* était présent.

#### Efficacité des micro-organismes testés

*In vitro*, l'inhibition de la croissance mycélienne par *G. catenulatum* surpasse celle de *T. harzianum*. Ces deux antagonistes agissent plus efficacement contre les trois souches de *Pythium* (*P. ultimum*, *P. aphanidermatum* et *P. 'producteur'*) qui se développent le plus rapidement (plus de 40 mm en 48 heures).

Le halo d'inhibition formé autour de *G. catenulatum* confirme que celui-ci produit des molécules de type antibiotique. Avec *T. harzianum*, ce type de halo n'est pas observé car son mécanisme d'action est différent: il procède par contact d'hyphe à hyphe en s'enroulant autour de son hôte (fig. 4).

La souche utilisée de *T. harzianum* a permis d'empêcher le développement de *Pythium* sp. lorsqu'un plug

prélevé dans la zone de contact avec *Pythium* sp. a été remis en culture sur un milieu CMA.

Les tests de confrontation entre les différents *Pythium* et *T. harzianum* ont été réalisés *in vitro*, mais avec un milieu gélosé à base d'extrait de sol, qui permet d'observer un comportement plus «réaliste» des micro-organismes.

#### Promotion de la croissance

Les résultats des cultivars 'Blue' et 'Rose' sont regroupés dans le tableau 3. Pour le premier, les plants inoculés avec *Glomus intraradices* ont pu être plantés avant

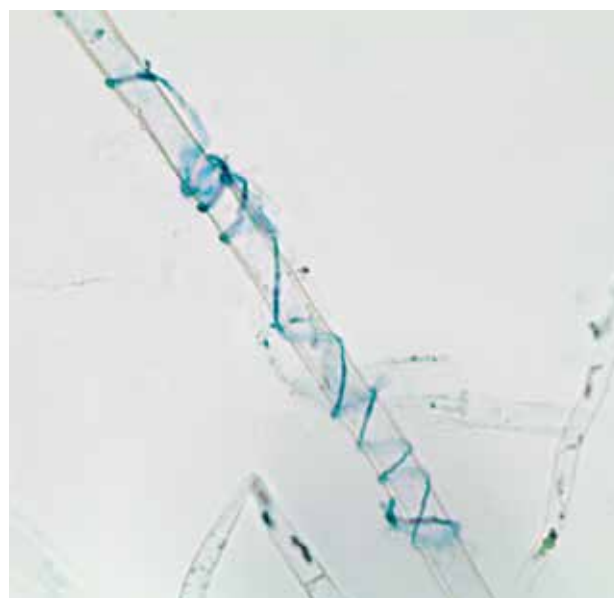


Figure 4 | *Trichoderma harzianum* parasitant une hyphe de *Pythium* sp.

Tableau 2 | Log<sub>(10)</sub> de la croissance mycélienne de *Pythium* spp. confronté ou non à *Trichoderma harzianum* (TH)

Souche	Résultats pour log <sub>(10)</sub>			Intervalle de confiance à 0,05		Statistique avec log <sub>(10)</sub>
	Sans TH	Avec TH	D			
<i>P. ultimum</i> (1)	1,666	1,414	0,251	0,188	0,315	0,001
<i>P. aphanidermatum</i> (2)	1,743	1,425	0,318	0,207	0,429	0,007
<i>P. angustatum</i> (3)	1,263	0,778	0,485	-1,755	2,725	0,222
<i>P. middletonii</i> (4)	1,199	1,279	0,080	-0,265	0,424	0,425
<i>P. 'producteur'</i> (5)	1,633	1,389	0,244	0,181	0,307	0,004

Tableau 3 | Durée d'élevage en semaines des cultivars 'Blue' et 'Rose'

Cultivar	'Blue'				'Rose'			
	1 <sup>re</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	1 <sup>re</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>
Témoin	13,5	15,0	17,5	18,0	19,5	–	–	–
<i>G. intraradices</i>	13,5	14,5	16,0	17,5	13,5	14,5	17,5	–
<i>T. harzianum</i>	13,5	15,0	17,5	18,5	–	–	–	–
<i>G. catenulatum</i>	13,5	15,0	17,5	18,5	14,5	18,0	19,5	–

la variante témoin. Cette avance s'est élevée jusqu'à 1,5 semaine, soit dix jours. Le deuxième cultivar 'Rose' a une croissance nettement plus longue. Pour lui, l'inoculation de *Glomus intraradices* ou de *Gliocladium catenulatum* a permis une plantation plus rapide qu'avec les plants témoins. L'expérimentation a été arrêtée vingt semaines après le semis, un stade de plantation atteint au-delà de cette période n'étant pas jugé réaliste en production.

Lors de l'élevage des jeunes plants, l'effet PGP de *Glomus intraradices* et de *Gliocladium catenulatum* semble dépendre du cultivar. Chez le cv 'Blue', l'effet PGP de *G. intraradices* permet aux plantules d'atteindre plus rapidement le stade de plantation, mais se révèle plus complexe à interpréter avec le cv 'Rose': soit l'effet est encore plus spectaculaire que pour le premier cultivar, soit *G. intraradices* et *G. catenulatum* ont aidé les plantes à surmonter un stress qui ne leur aurait pas permis d'atteindre le stade de plantation. Un élevage plus long de six semaines (19,5 contre 13,5) pour le cultivar 'Rose' paraît peu envisageable. L'hypothèse de la protection antistress est donc plausible mais signifierait que *T. harzianum* n'offre pas de solution pour lutter contre ce stress puisqu'aucune parcelle n'a pu être plantée. Quoi qu'il en soit, la durée pour atteindre le stade de plantation des témoins et des plants avec *T. harzianum* pose problème tant elle est longue.

La germination a été homogène, mais les plantules se sont irrégulièrement développées à l'intérieur d'un traitement, de même qu'au sein des plaques multipots. La disposition des plantes plus développées permet a priori d'exclure tout facteur climatique. La cause réside peut-être dans le semis lui-même, et notamment dans le tassement du substrat. Un tassement trop faible est un facteur connu par les producteurs pour empê-

cher une croissance optimale des plantules. Un suivi visuel a toutefois permis d'observer, dès un mois après le semis, que *Glomus intraradices* était capable d'atténuer ces irrégularités. Les travaux de Shamshiri et al. (2011) sur la mycorhization de pétunias (*Petunia hybrida* 'Mix') par *Glomus mosseae* et *G. intraradices* démontrent que la mycorhization est meilleure dans un substrat pauvre en phosphore et suffisamment irrigué. Ils soulignent aussi qu'en conditions de stress hydrique léger, la présence de mycorhizes évite à la plante de ressentir ce stress.

## Conclusions

- Le champignon *Gliocladium catenulatum* a révélé une très bonne aptitude *in vitro* à réduire la croissance mycélienne moyenne (75 à 89 %) des différentes souches de *Pythium*.
- *Trichoderma harzianum* fait preuve d'une efficacité moindre, voire nulle sur la croissance mycélienne des diverses souches de *Pythium*; en revanche, lorsque les deux espèces sont en contact, *T. harzianum* empêche *Pythium* spp. de poursuivre sa croissance.
- Sur les jeunes plants de *lisianthus*, le champignon *Glomus intraradices* a eu un effet d'induction de croissance (PGP), permettant de réduire la durée d'élevage des deux cultivars testés.
- *Gliocladium catenulatum* a aussi permis de réduire la durée d'élevage, mais seulement de la variété 'Rose'.
- Pour améliorer la rentabilité de cette culture, les essais devraient à l'avenir se concentrer sur l'effet de *Gliocladium catenulatum* contre *Pythium* spp. et de *Glomus intraradices* comme PGP pour les jeunes plants. ■

## Bibliographie

- Benhamou N. & Chet I., 1997. Cellular and molecular mechanisms involved in the Interaction between *Trichoderma harzianum* and *Pythium ultimum*. *Applied and Environmental Microbiology* **63** (5), 2095–2099.
- Dhingra O. D. & Sinclair J. B., 1995. Basic plant pathology methods, Second Edition. CRC Press Inc. Boca Raton, 392 p.
- Erwin D. C. & Ribeiro O. K., 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. APS Press. St. Paul, 562 p.
- Ferre A. & Tragin M., 2009. Contrôle des maladies telluriques par utilisation de microorganismes en productions de cyclamen et de *lisianthus*. *PHM Revue Horticole* **518** (11), 18–24.
- Halevy A. H. & Kofranek A. M., 1984. Evaluation of *lisianthus* as a new flower crop. *HortScience* **19** (6), 845–847.
- Hostachy B., Mallait M., Chapin E., Henault B., Franceschini C. & Caporalino M., 2002. Le *lisianthus* dans les Alpes-Maritimes et le Var: une culture en plein essor confrontée à des problèmes phytosanitaires. *PHM Revue Horticole* **437** (6), 43–48.
- Joshi B. B., Bhatt R. P. & Bahukhandi D., 2010. Antagonistic and plant growth activity of *Trichoderma* isolates of Western Himalayas. *Journal of Environmental Biology* **31** (6), 921–928.
- Keel C., Ucurum Z., Michaux P., Adrian M. & Haas D., 2002. Deleterious impact of a virulent bacteriophage on survival and biocontrol activity of *Pseudomonas fluorescens* strain CHA0 in natural soil. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **15** (6), 567–576.
- McQuilken M. P., Gemmell J. & Lahdenperaë M.-L., 2001. *Gliocladium catenulatum* as a potential biological control agent of damping-off in bedding plants. *Journal of Phytopathology* **149** (3-4), 171–178. ➤

## Summary

### Effects of microorganisms against *Pythium* spp. and on the growth of young plants of Lisianthus

Lisianthus (*Eustoma russellianum* ssp. *grandiflorum*) is a high-value ornamental plant, grown for its cut flower. Its culture is however made difficult by its high sensitivity to various soil fungi and oomycetes and by its long duration. This is why, in addition to the prophylactic and chemical controls that reached their limits, a microbiological alternative has been tested to both control *Pythium* spp. and favour young plants' growth. Therefore, three fungi acting potentially as biological control agents (BCAs) and/or plant growth promoting agents (PGP) were assessed in two experiments. The results showed a very good efficiency of *Gliocladium catenulatum* and *Trichoderma harzianum* against various *Pythium* in the *in vitro* experiments as well as a strong capacity of *Glomus intraradices* for increasing young plants' growth *in vivo*.

**Key words:** BCA, PGP.

## Zusammenfassung

### Wirkungen von Mikroorganismen gegen *Pythium* spp. und auf das Wachstum von jungen Lisianthuspflanzen

Lisianthus (*Eustoma russellianum* ssp. *grandiflorum*) ist eine wertvolle Zierpflanze die für Schnittblumen angebaut wird. Ihr Anbau ist jedoch schwierig, da sie sehr anfällig auf verschiedene Bodenpilze ist und auch aufgrund ihrer langen Kulturdauer. Deshalb wird als Ergänzung zur vorbeugenden und chemischen Behandlung nach einer biologischen Lösung geforscht, um *Pythium* spp zu bekämpfen und um das Wachstum der jungen Pflanzen zu fördern. Zu diesem Zweck sind drei Pilze mit potentieller biologischer Wirkung (BCA, *Biological Control Agent*) und/oder Wachstumsförderung der Pflanze (PGP, *Plant Growth Promoting*) mittels zwei Experimenten getestet worden. Die Resultate zeigten insbesondere die sehr grosse *in vitro* Wirksamkeit von *Gliocladium catenulatum* und von *Trichoderma harzianum* gegen verschiedene *Pythium*-Pilze, sowie die Kapazität von *Glomus intraradices* das Wachstum der jungen Pflanzen *in vivo* zu fördern.

## Riassunto

### Effetti di micro-organismi contro *Pythium* spp. e sulla crescita di giovani piante di eustoma

Il lisianto (*Eustoma russellianum* ssp. *grandiflorum*) è una pianta ornamentale di alto valore, coltivata per la produzione di fiori recisi. Tuttavia, la sua coltivazione è resa difficile da un'importante sensibilità verso diversi funghi del suolo e dalla sua lunga durata. E' per questo motivo che, in aggiunta alla lotta preventiva e chimica che mostra i suoi limiti, si ricerca una soluzione microbiologica contro *Pythium* spp. e per favorire la crescita delle giovani piante. A questo scopo si sono valutati, attraverso due prove, tre funghi che presentano un potenziale effetto BCA (*Biological Control Agent*) e/o PGP (*Plant Growth Promoting*). I risultati mostrano l'ottima efficacia *in vitro* di *Gliocladium catenulatum* e di *Trichoderma harzianum* contro diversi *Pythium*, e la capacità di *Glomus intraradices* nell'aumentare la crescita delle giovani piante *in vivo*.

- Meir D., Pivonia S., Levita R., Dori I., Ganot L., Meir S., Salim S., Resnick N., Winger S., Shlomo E. & Koltai H., 2010. Application of mycorrhizae to ornamental horticultural crops: lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) as a test case. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8 (SI), 5–10.
- Meyer J. B., Lutz M. P., Frapolli M., Péchy-Tarr M., Rochat L., Keel C., Défago G. & Maurhofer M., 2010. Interplay between wheat cultivars, biocontrol *Pseudomonas*, and soil. *Applied and Environmental Microbiology* 76 (18), 6196–6204.
- Shamshiri M. H., Mozafari V., Sedaghati E. & Bagheri V., 2011. Response of Petunia plants (*Petunia hybrida* cv. Mix) inoculated with *Glomus mosseae* and *Glomus intraradices* to phosphorous and drought stress. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13 (6), 929–942.

- Wamberg C., Christensen S., Jakobsen I., Müller A. K. & Sørensen S. J., 2003. The mycorrhizal fungus (*Glomus intraradices*) affects microbial activity in the rhizosphere of pea plants (*Pisum sativum*). *Soil Biology & Biochemistry* 35, 1349–1357.