



Résumé analytique à l'intention des groupes cibles

Numéro de projet

406840_161904

Titre

Lutte biologique contre les parasites : des nématodes et des bactéries
contre les organismes nuisibles du sol

Responsable du projet

Ted Turlings, Université de Neuchâtel

Autres responsables
du projet

Christoph Keel, Université de Lausanne
Monika Maurhofer Bringolf, ETH Zürich

Lieu et date: Neuchâtel, 29 Mars 2018

Contexte

Les nématodes sont des vers, souvent de taille minuscule, qui habitent en grand nombre les écosystèmes terrestres et aquatiques. Il en existe une grande variété d'espèces dont environ la majorité n'est pas encore connue de la science et dont les modes de vies varient énormément. Beaucoup d'entre eux mènent une vie « libre » et se nourrissent de bactéries, alors que d'autres sont des parasites de plantes ou d'animaux. Parmi ces derniers, **les nématodes dits entomopathogènes (NEP) parasitent et tuent les insectes du sol à l'aide de bactéries symbiotiques et possèdent ainsi un grand potentiel comme agents de lutte biologiques contre des ravageurs qui s'attaquent aux racines de plantes cultivés**. Cela s'applique aussi à d'autres microorganismes tueurs d'insectes du sol, les bactéries entomopathogènes (BEP), qui ont également été étudiés dans le cadre de ce projet.

Durant la première phase du PNR 68 nous avons développé et amélioré des méthodes moléculaires pour établir un inventaire des espèces de NEP dans les sols agricoles suisses. Il s'est avéré que le nombre de NEP y est très faible et notamment plus faible que dans les sols de sites naturels. Nous avons aussi étudié l'influence des pratiques culturales sur les densités de population des NEP, par exemple la rotation de cultures, le couvert végétal ou le labour. Nous n'avons détecté aucun effet significatif de ces diverses méthodes culturales sur l'abondance des NEP. Il en résulte que seule une approche augmentative permet d'accroître le nombre de ces organismes bénéfiques dans des cultures attaquées par des insectes ravageurs du sol. Les obstacles les plus importants, en l'occurrence, sont les coûts relativement hauts des méthodes courantes – comme la pulvérisation dans l'eau de nématodes en suspension – et la durée de vie limitée des agents biologiques pendant leur stockage. Nous avons donc développé et évalué une nouvelle méthode d'application qui consiste à incorporer les nématodes et d'autres microorganismes bénéfiques (notamment des bactéries entomopathogènes (BEP)) en état de dormance dans des billes en alginate. Ce procédé est censé améliorer leur viabilité et faciliter l'application du produit lors du semis.

But

Le but du projet était donc de développer et d'améliorer cette nouvelle méthode basée sur l'encapsulation de nématodes (NEP) et de bactéries (BEP) entomopathogènes dans des billes en alginate en optimisant leur formulation et en y ajoutant des substances utiles dérivées de plantes. Plus précisément, il s'agissait d'identifier un facteur de quiescence qui mette les micro-organismes dans un état de dormance, ce qui permet de les conserver plus longtemps dans de bonnes conditions jusqu'au moment de les libérer dans le sol. Dans un deuxième temps, nous avons l'intention de découvrir des substances qui augmenteraient l'appétence des billes afin d'attirer les ravageurs : s'ils s'en nourrissent, cela augmentera leur mortalité. De plus, il fallait vérifier la compatibilité des nématodes et des bactéries dans les billes. Nous visions à tester l'efficacité des nouvelles formulations au laboratoire et sur le terrain contre les ravageurs du sol suivants :

- les larves de mouches indigènes qui s'attaquent aux racines de légumes, principalement la mouche du chou *Delia radicum* ;
- des insectes qui sont invasifs ou risquent de l'être à l'avenir, notamment les larves du genre *Diabrotica*, tel que la chrysomèle des racines du maïs *Diabrotica virgifera virgifera* ;
- les larves d'un charançon, *Diaprepes abbreviatus*, qui ravagent les racines des arbres du genre *Citrus*.

Résultats

Globalement, nous avons réussi à produire des billes en alginate robustes et faciles à manipuler. Les agents de lutttes biologiques y sont incorporés aisément et survivent plus d'un mois, suivant les conditions abiotiques. Les nématodes et les bactéries entomopathogènes se sont avérés totalement compatibles : aucun effet négatif des bactéries n'a été observé sur la survie, l'infectiosité et la capacité d'échapper des billes des nématodes et vice versa. Au contraire, dans certains cas, nous avons obtenu de meilleures résultats avec la combinaison de NEP et BEP par rapport à des traitements où ces derniers sont appliqués séparément.

L'efficacité des formulations dans les essais au laboratoire et sur le terrain était variable selon les ravageurs. Les résultats avec les larves de mouches ravageuses de légumes étaient mitigés et plutôt décevants. Un essai de lutte contre la mouche de la carotte ne nous a pas permis d'arriver à une conclusion parce que la pression du ravageur était nettement trop faible sur le site en question. L'efficacité des billes contre la mouche du chou était assez limitée et souvent non-significative au laboratoire ainsi que dans les essais sur de petites parcelles. Dans la plupart des cas, les formulations testées ne comprenaient que des NEP, alors qu'une expérience en laboratoire avec des billes contenant une combinaison de NEP et BEP a fourni des résultats plus prometteurs. Il se peut que les larves soient moins facilement atteignables par les NEP une fois qu'elles commencent à miner l'intérieur des racines, et que le temps d'exposition dans le sol est trop court pour garantir un taux d'infection suffisamment haut. L'appétence d'une substance volatile émise par les racines de plantes-hôtes, le diméthylsulfure (DMDS), a pu être confirmée dans des essais en boîtes de Pétri. Malheureusement, ce composé ne peut pas être utilisé comme ingrédient dans les billes, parce qu'il cause de la mortalité chez les nématodes s'il est présent dans les concentrations nécessaires pour garantir l'attraction.

Nous avons obtenu des résultats nettement plus convaincants et prometteurs dans la lutte contre des larves de coléoptères, notamment contre la chrysomèle des racines du maïs *Diabrotica virgifera virgifera*. Ce ravageur invasif a été recensé en Suisse, mais il ne s'y est pas encore établi. C'est pourquoi nous avons mené des essais pendant trois années consécutives (2015-2017) dans des champs de maïs au Missouri, USA, où cette espèce est indigène. Le but était d'estimer l'effet de microorganismes bénéfiques du sol – NEP, BEP et mycorhizes – sur la survie et la performance du ravageur, sur les dégâts causés aux racines ainsi que sur le rendement du maïs. Puisque les billes en alginate n'étaient pas encore disponibles en quantité suffisante, les microorganismes ont été appliqués de façon traditionnelle, suspendus dans de l'eau. Les conditions météorologiques ont fortement varié d'une année à l'autre, ce qui a donné des résultats hétérogènes. Globalement, les traitements n'avaient pas un impact très prononcé, mais nous avons pu observer ponctuellement des dégâts réduits et un meilleur rendement.

Une expérience menée au laboratoire a montré que les NEP incorporés dans des billes sont aussi efficaces que ceux en suspension aqueuse pour tuer les larves de *Diabrotica balteata*, une autre espèce du même genre. Les billes étaient capables de protéger les plantes de maïs d'une infestation (à condition d'être appliquées au moment de l'infestation).

Nous avons profité d'une autre occasion pour tester les billes en comparaison avec la procédure standard dans des vergers d'orangers en Floride, USA, qui souffrent de dégâts sévères causés par le charançon *Diaprepes abbreviatus*. L'application de billes contenant des NEP s'est montrée aussi efficace que le traitement de NEP sous forme de suspension aqueuse. Presque aucun coléoptère adulte n'a émergé des parcelles traitées avec les billes.

Actuellement, les NEP sont immobilisés pendant le stockage des billes grâce à l'ajout d'une grande quantité de glycérol. Le même effet peut être atteint avec une concentration beaucoup plus faible d'une substance d'origine végétale qui met les nématodes dans un état de dormance (*quiescence factor*). L'identification de ce(s) composé(s) s'avère plus difficile que prévu. Il faut

développer de nouvelles méthodes analytiques pour se débarrasser des impuretés de la fraction active, nécessaire pour l'identification dans la phase finale. La tâche n'est pas encore accomplie, mais nous continuons dans ce sens et sommes optimistes qu'une réussite, si elle n'est imminente, est possible à court ou à moyen terme.

Implications pour la recherche

Nous avons fait des progrès importants dans le but d'identifier le *quiescence factor* qui met les nématodes dans un état de dormance. Cette identification, attendue, ouvrirait une voie vers l'étude de la fonction biologique de ce facteur, qui pourrait jouer un rôle dans la défense des plantes contre des nématodes phytophages.

Implications pour la pratique

Nous avons développé un produit, des billes en alginate comportant des micro-organismes tueurs d'insectes, qui peut être utilisé dans la lutte biologique contre les ravageurs du sol. Avec quelques optimisations supplémentaires, ce produit peut devenir un outil efficace contre plusieurs ravageurs invasifs et représentera une alternative sûre et écologique aux pesticides.

Recommandation

Nous avons réussi à fabriquer un produit à base de billes en alginate qui est simple à manipuler, qui retient les agents biologiques, NEP et BEP, au minimum pour un mois et assure leur survie et infectiosité. Des essais en laboratoire et sur le terrain ont montré, à température ambiante, une compatibilité parfaite entre nématodes et bactéries par rapport à la survie et à la capacité d'infecter les insectes hôtes.

Nous recommandons de mettre à disposition des ressources pour tester davantage notre formulation dans des conditions réalistes sur le terrain en Suisse/Europe. Cette méthode est surtout efficace contre les chrysomèles des racines du genre *Diabrotica* et contre les charançons. D'autres optimisations sont possibles, notamment en ajoutant des appétants, dans une stratégie *attract-and-kill*. Un produit ainsi optimisé pourrait être efficace contre plusieurs insectes invasifs importants. Nous recommandons que les autorités suisses et les décideurs financent et promeuvent le développement de ce genre de lutte contre les ravageurs, puisqu'elles offrent des alternatives écologiques aux pesticides.