

ABSTRACT

Potato virus Y (PVY) is a pathogenic plant virus transmitted in a non-persistent manner by aphids, and PVY is currently the most important virus challenge faced by seed potato (*Solanum tuberosum* L.) production systems worldwide. Several PVY control strategies are available, the most popular of which are the spraying of insecticides and use of mineral oils. However, insecticides have little impact on PVY spread, while the efficacy of mineral oil is highly variable from one year to the next. Therefore, there is a need to find more efficient control methods.

The objective of this thesis is to provide a better understanding of the epidemiology of PVY and propose more adapted control strategies to seed potato growers.

The main findings are as follows:

First, two surveys of PVY isolates genetic diversity in Switzerland revealed an increase in the prevalence of PVY^{N-Wi} strain, while the prevalence of PVY^{NTN} strain has decreased over the same period. Two hypotheses behind this change in population dynamics are discussed: (i) important differences in the resistance of cultivars to these two PVY strains and (ii) a faster translocation of PVY^{N-Wi} in comparison to PVY^{NTN}.

Second, this thesis sheds new light on mature plant resistance to PVY. An important part of this resistance mechanism is associated with the physiology of the potato plant, as the mother tuber degenerates and physically prevents the virus from translocating from one stem to another. This result further emphasises the need to protect younger plants when the vascular bridge through the mother tuber is still functional.

Third, the thesis suggests intercropping with oat (*Avena sativa* L.) and hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) as new efficient PVY control methods. The non-host plants act as virus traps/aphid's stylets cleansing; whereby aphids progressively lose their PVY inoculum as they repeatedly probe the plant(s). However, the neighbouring plants compete for nutrients with the potato plant, leading to significant yield losses. Further research is necessary before these control methods can be widely implemented by seed potato growers.

Finally, this thesis confirmed that mineral oil is the most efficient means of controlling PVY spread in the field compared to insecticides and plant elicitors. However, because the efficacy of mineral oil treatment on interfering with virus transmission is less significant in the early stages of plant development, this approach needs to be complemented by other control methods such as straw mulching. The results suggest that the synergies between these two methods are significant, paving the way for other combinations of treatments with complementary modes of action.

Taken together, these findings contribute to a better efficacy of PVY control methods and a reduction of their negative impacts on the environment. This in turn helps achieve a more sustainable seed potato production.

Keywords: potato, virus, PVY, epidemiology, control, aphid, IPM, oil, insecticide, mulching, intercropping, elicitors, organic.

RÉSUMÉ

Le *virus Y de la pomme de terre* (PVY) est un phytovirus pathogène transmis de manière non persistante par les pucerons. C'est le virus posant le plus de problèmes pour la production des plants de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). Plusieurs méthodes de lutte existent pour limiter la dissémination du PVY, dont les plus répandues sont l'application d'insecticides et d'huiles minérales. Cependant, les insecticides ont peu d'effets contre la dissémination de ce pathogène et les huiles minérales présentent une efficacité très variable d'une année à l'autre. Par conséquent, il est important de trouver des méthodes de lutte plus performantes.

Le principal objectif de cette thèse est d'améliorer la compréhension de l'épidémiologie du PVY afin de pouvoir proposer aux producteurs de plants de pommes de terre des méthodes de lutte efficaces.

Les principaux résultats de la thèse sont les suivants:

Premièrement, deux inventaires de souches de PVY réalisés en Suisse ont mis en évidence l'accroissement de la prévalence de la souche PVY^{N-Wi} et une diminution de la prévalence de la souche PVY^{NTN}. Deux hypothèses expliquant cette dynamique des populations de souches de PVY sont discutées : (i) des différences importantes de résistance des variétés vis-à-vis de ces souches et (ii) une translocation plus efficace de PVY^{N-Wi} en comparaison de PVY^{NTN}.

Deuxièmement, cette thèse propose de nouveaux éléments permettant une meilleure description du phénomène par lequel les plantes de pomme de terre matures sont plus résistantes aux infections par le PVY. Une part importante de cette résistance de l'âge est associée au développement végétatif de la plante et plus particulièrement à la dégénérescence du tubercule mère qui empêche la migration du PVY d'une tige de la plante à une autre. Ce résultat met l'accent sur l'importance de la protection des jeunes plantes contre le PVY, lorsque le pont vasculaire matérialisé par le tubercule mère est encore effectif.

Troisièmement, la thèse propose la culture intercalaire d'avoine (*Avena sativa* L.) et de vesce velue (*Vicia villosa* Roth) comme nouvelles méthodes de lutte efficace contre le PVY. Ces plantes non-hôtes agissent comme des pièges à virus grâce auxquels les pucerons vont progressivement perdre leur charge virale après

plusieurs piqûres de sondage sur ces plantes associées. Cependant, la culture intercalaire entre en compétition avec la pomme de terre pour les éléments nutritifs et l'eau, ce qui a pour conséquences des pertes de rendement significatives. Des recherches supplémentaires sont nécessaires avant que cette méthode ne soit utilisée par les producteurs de plants de pomme de terre.

Enfin, cette thèse confirme que l'application d'huiles minérales est la méthode de lutte la plus efficace contre la dissémination du PVY en comparaison des insecticides et des stimulants de défenses naturelles des plantes. Cependant, l'efficacité des huiles minérales est moindre pour les stades précoces de développement de la plante. Par conséquent, leur application doit être complétée par une autre méthode de lutte comme le paillage par exemple. Les résultats de la thèse ont permis de mettre en évidence des synergies entre ces deux méthodes, ce qui ouvre la voie à d'autres associations de méthodes de lutte complémentaires présentant des modes d'action distincts.

Pour résumer, ces découvertes permettent d'améliorer l'efficacité de la lutte contre le PVY et de réduire l'effet néfaste sur l'environnement des méthodes de lutte actuelles. Par conséquent, cette thèse contribue à l'amélioration de la durabilité de la production de la pomme de terre.

Mots clés : pomme de terre, virus, PVY, épidémiologie, lutte, puceron, lutte intégrée, huile, insecticide, paillage, culture intercalaire, stimulants de défenses naturelles, agriculture biologique.

ZUSAMMENFASSUNG

Das *Y Virus der Kartoffel* (PVY) ist ein pathogenes Phytovirus welches durch die Blattläuse auf nicht persistente Weise übertragen wird. Es handelt sich dabei um das Virus, welches die meisten Probleme in der Pflanzgutproduktion von Kartoffeln (*Solanum tuberosum* L.) verursacht. Es existieren mehrere Bekämpfungsmethoden, um die Ausbreitung des PVY zu begrenzen, wobei das Einsetzen von Insektiziden und Mineralölen die am meist verbreiteten sind. Insektizide haben jedoch wenig Einfluss auf die Ausbreitung dieses Pathogens, und die Wirksamkeit der Mineralöle ist von Jahr zu Jahr sehr variabel. Infolgedessen ist es wichtig, wirksamere Bekämpfungsmethoden zu finden.

Das wesentliche Ziel dieser Dissertation ist es das Verständnis der Epidemiologie des PVY zu verbessern, um den Pflanzgutproduzenten von Kartoffeln wirksame Bekämpfungsmethoden vorschlagen zu können.

Die hauptsächlichen Resultate der Dissertation sind die folgenden:

Als Erstes haben sich bei zwei in der Schweiz durchgeführten Inventaraufnahmen von PVY Stämmen eine Zunahme der Ausbreitung des Stammes PVY^{N-Wi}, sowie eine Verminderung der Ausbreitung des Stammes PVY^{NTN} herausgestellt. Um diese Populationsdynamik zu erklären, werden zwei Hypothesen angeboten: (i) erhebliche Unterschiede in der Sortenresistenz gegenüber diesen Stämmen und (ii) eine effizientere Translokation von PVY^{N-Wi} gegenüber PVY^{NTN}.

Als Zweites zeigt diese Dissertation neue Elemente auf, welche eine bessere Beschreibung des Phänomens der Altersresistenz von reifen Kartoffelpflanzen auf Infektionen von PVY erlauben. Ein wichtiger Teil dieser Altersresistenz ist mit der vegetativen Entwicklung der Pflanze verbunden, und ganz besonders mit der Degeneration des Mutterknollens, welche die Migration des PVY eines Stängels der Pflanze auf einen anderen verhindert. Dieses Resultat hebt die Wichtigkeit des Schutzes von jungen Pflanzen gegenüber dem PVY hervor während dem die die von der Mutterknolle materialisierte vaskuläre Brücke noch wirksam ist.

Als Drittes wird von der Dissertation die Mischkultur mit Hafer (*Avena sativa* L.) und Zottelwicke (*Vicia villosa* Roth) als neue wirksame Bekämpfungsmethode gegen PVY vorgeschlagen. Diese Nichtwirtspflanzen agieren als Virusfallen, da die Blattläuse

nach mehreren Probebohrungen auf diesen Mischpflanzen ihre Virusbelastung schrittweise verlieren (stylet cleansing). Allerdings konkurriert die Mischkultur mit der Kartoffel betreffend Nährstoffen und Bodenfeuchtigkeit, was zu signifikanten Ernteeinbußen führt. Es benötigt zusätzliche Forschung bevor diese Methode von Pflanzgutproduzenten angewendet werden kann.

Letztendlich bestätigt diese Dissertation, dass die Mineralölbehandlung, im Vergleich zu Insektiziden und Stimulatoren der natürlichen Abwehr der Pflanzen, die wirksamste Bekämpfungsmethode gegen die Ausbreitung des PVY ist. Allerdings ist die Wirksamkeit der Mineralöle geringer für frühe Entwicklungsstadien der Pflanze. Infolgedessen muss deren Anwendung mit einer anderen Methode ergänzt werden, wie zum Beispiel das Ausbringen einer Strohecke. Die Resultate der Dissertation erlaubten die Evidenz der Synergien dieser zwei Methoden aufzuzeigen, was neue Pisten für andere Assoziationen mit komplementären Bekämpfungsmethoden mit unterschiedlichen Wirkungsweisen erschliesst.

Zusammenfassend erlauben diese Erkenntnisse die Wirksamkeit der Bekämpfung von PVY zu verbessern und den schädlichen Einfluss der aktuellen Bekämpfungsmethoden auf die Umwelt zu reduzieren. Infolgedessen leistet diese Dissertation einen Beitrag zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Kartoffelproduktion

Stichwörter: Kartoffel, Virus, PVY, Epidemiologie, Bekämpfung, Blattlaus, integrierte Bekämpfung, Öl, Insektizid, Strohecke, Mischkultur, Stimulatoren der natürlichen Abwehr, biologische Landwirtschaft.

SAMENVATTING

Het *aardappel Y virus* (PVY) is een pathogeen plantenvirus dat op een niet-persistente manier door bladluizen wordt overgedragen. PVY is tegenwoordig de belangrijkste virus uitdaging voor de wereldwijde productiesystemen van de aardappel als pootgoed (*Solanum tuberosum* L.). Er zijn een aantal PVY beheersingsstrategieën beschikbaar. Daarvan zijn het spuiten van insecticiden en het gebruik van minerale oliën de meest populaire. Insecticiden hebben echter weinig impact op het verspreiden van PVY, en dat terwijl de doeltreffendheid van minerale oliën van jaar tot jaar zeer variabel kan zijn. Daarom is er nood aan meer efficiënte controlemethodes.

Doel van dit thesis is een beter begrip van de epidemiologie van PVY en het voorstellen van meer toegepaste controlestrategieën naar aardappelpootgoedtelers. De voornaamste bevindingen zijn als volgt:

Ten eerste hebben twee gerichte onderzoekenquêtes over de genetische diversiteit van PVY-isolaten in Switzerland een stijging van het overwicht van het PVY^{N-Wi}-isolaat onthuld, terwijl het overwicht van het PVY^{NTN}-isolaat in dezelfde periode een daling heeft gekend. Er kunnen twee hypothesen achter deze verandering in populatiedynamica voorgesteld worden: (i) belangrijke verschillen in de resistentie van variëteiten tegen deze twee PVY-isolaten en (ii) een snellere translocatie van PVY^{N-Wi} in vergelijking met PVY^{NTN}.

Ten tweede heeft dit doctoraatsonderzoek op een nieuwe wijze de resistentie van mature plantenresistentie tegen PVY toegelicht. Een belangrijk deel van deze resistentie is met de ontwikkeling van de aardappelplant geassocieerd, wanneer de moederknol degenereert en de migratie van het virus van stengel tot stengel fysiek vermijdt. Dit resultaat benadrukt verder de nood aan bescherming van jonge planten wanneer de vasculaire hechting met de moederknol altijd effectief blijft.

Ten derde suggereert dit thesis de tussenteelt met haver (*Avena sativa* L.) en bonte wikke (*Vicia villosa* Roth) als nieuwe efficiënte PVY-controlemethode. De niet-gastheerplanten werken als vallen voor bladluizen en ook als styletreinigers. Hierbij verliezen de bladluizen op progressieve manier hun PVY-inoculum terwijl ze herhaaldelijks deze planten toetsen. De naburige planten vechten echter om

nutriënten met de aardappelplanten, wat voor een significant oogstverlies zorgt. Meer onderzoek is nodig vooraleer deze controlemethodes grootschalig door de pootgoedtelers geïmplementeerd kunnen worden.

Tenslotte heeft dit onderzoek minerale oliën als meest efficiënte middel bevestigd ter controle van de PVY-verspreiding in het veld in vergelijking met insecticiden en plantelicitoren. Omdat de doeltreffendheid van de minerale oliebehandeling in het belemmeren met de virustransmissie echter minder significant is tijdens de eerste stadia van de plantontwikkeling, vereist deze benadering om aangevuld te worden met andere controlemethodes zoals mulching. De resultaten duiden aan dat de synergieën tussen beide methodes significant zijn, en de weg plaveien voor andere behandelingscombinaties met complementaire werkingsmodus.

Alles in acht genomen dragen deze bevindingen bij tot een betere effectiviteit van PVY-controlemethodes en een vermindering van hun negatieve impact op het milieu. Dit helpt op zijn beurt om een meer duurzame aardappelpootgoedproductie te bekomen.

Sleutelwoorden: Aardappel, virus, PVY, epidemiologie, controle, bladluizen, IPM, Olie, insecticiden, mulching, tussenteelt, elicitoren, biologisch.