

PK2 als biologisch (bestrijdings)middel tegen *Phytophthora infestans* in aardappel

C. B. Bus, R. Boeringa & H. T. A. M. Schepers

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente
December 2011

PPO nr. 3250112110

© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente.

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO Publicatienr. 455

Dit rapport is gefinancierd door het

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Via het thema Biologische Landbouw, programma Groen Telen (BO-12. 10-007.01)

Projectnummer: 3250112110

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	INLEIDING	5
2	RESULTATEN	7
2.1	Kaliumfosfiet in de biologische fruitteelt en wijnbouw	7
2.2	Literatuuronderzoek	10
2.2.1	Gewasbehandelingen met PK2 en na-oogst effect.....	10
2.2.2	Bemestende waarde van kaliumfosfiet	11
2.2.3	Andere fosfieten	11
2.3	Residu in de knollen	13
3	CONCLUSIES	15
	GERAADPLEEGDE LITERATUUR.....	17

1 Inleiding

De schimmelziekte *Phytophthora infestans* is de grootste bedreiging bij de teelt van biologische aardappelen in Nederland. Er zijn inmiddels aardappelrassen die min of meer onvatbaar zijn voor deze ziekte, maar die worden nog onvoldoende geaccepteerd door consument en (super)markt omdat ze niet aan alle specifieke eisen voldoen. Als de ziekte niet wordt bestreden is de opbrengst en kwaliteit in sommige jaren volstrekt onvoldoende. Een alternatief is de bestrijding van deze ziekte met chemische middelen. Maar er zijn geen chemische middelen in Nederland toegelaten om deze ziekte te bestrijden. In Duitsland dat een veel groter areaal kent waarop biologische gewassen worden verbouwd, zijn een aantal koperverbindingen toegelaten tegen deze ziekte in aardappelen. In jaren met heel weinig opbrengst in Nederland komen dan ook Duitse biologische aardappelen naar Nederland. Aardappelen die daar wel behandeld zijn. Dit roept vooral kritische vragen op vanuit de biologische aardappelsector. Een deel van de biologische aardappeltelers wil voor bijzondere omstandigheden met hoge ziektedruk ook over koperhoudende middelen kunnen beschikken. Naast koper zou PK2 (=kaliumfosfiet) een stof kunnen zijn om het aardappelgewas te beschermen tegen *Phytophthora infestans*. Het is een stof die in de natuur voor zou komen, het wordt wel een plantversterker genoemd, dus geen bestrijdingsmiddel, en in de VS zijn een aantal van dit soort producten door de EPA (US Environmental Protection Agency) toegelaten als gewasbeschermingsmiddel vanwege hun lage toxiciteit. Er is geen overzicht waarin alle informatie over kaliumfosfiet bijeen gebracht is.

Doel van dit rapport is dan ook om de informatie die er over PK2 is in verband met de bestrijding van *Phytophthora infestans* bij biologische aardappelen, bijeen te brengen.

2 Resultaten

Er zijn drie bronnen.

1. Allereerst is de heer R. Boeringa nauw betrokken bij de discussies over de toelaatbaarheid van bepaalde stoffen in de biologische landbouw. In november 2010 is in Berlijn een internationale discussie gevoerd over technische en juridische aspecten van kaliumfosfiet in de biologische landbouw. Mede naar aanleiding van deze bijeenkomst heeft hij een Duitse en Nederlandse discussiebijdrage opgesteld die in 2.1 is weergegeven.
2. Daarnaast is in de literatuur gezocht naar onderzoeksresultaten van PK2 bij aardappelen.
3. Voorts zijn in 2.3 de resultaten weergegeven van een analyse van knollen waarvan het gewas in 2010 op het PPO met PK2 is behandeld.

2.1 Kaliumfosfiet in de biologische fruitteelt en wijnbouw

Bijdrage tot de discussie

Rob Boeringa, Werkgroep Gewasbescherming Biologische Fruitteelt

Inleiding

In de discussie over de toelating van kaliumfosfiet (kaliumfosfonaat) in de biologische landbouw circuleren 3 argumenten tegen toelating:

1. Synthetische oorsprong
2. Aanwezigheid van residuen in het geogoste product, en in het bijzonder de nultolerantie voor babyvoedingsmiddelen.
3. De persistentie en mogelijke ophoping van fosfiet in het teeltsysteem.

Conclusies van deze bijdrage

De bezwaren tegen kaliumfosfiet op de criteria synthetische productie en residuen (inclusief nultolerantie in babyvoeding) zijn niet steekhoudend.

Het aspect persistentie in houtige gewassen moet nader worden geanalyseerd.

Toelichting

1. Synthetische productie

Er is geen eenduidige omschrijving van de betekenis van “synthetische productie” en “synthetisch middel” (Nagevraagd bij het Ministerie, de controleorganisatie Skal, Biologica enz.).

De Europese commissie vraagt in de formulieren voor toelating op de Annex II van Verordening Biologische Landbouw wel naar details van herkomst van grondstoffen en productieproces, maar maakt verder alleen bij de toelaatbare residuen een onderscheid tussen “natuurlijk” en “niet-natuurlijk”.

Bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van kaliumbicarbonaat in de biologische landbouw heeft de toenmalige Expert group in zijn advies aan de Brusselse SCOF het punt Origin /Production method als volgt beschreven:

- Origin: both potassium and bicarbonate are ubiquitous in nature. The commercial substance is manufactured from potassium chloride and carbon dioxide. KCL is een gesteente (zie de kalimijnen) en CO₂ zit in de lucht; natuurlijker kan het niet, is de impliciete stellingname.

Aldus redenerend zou je voor kaliumfosfiet het volgende kunnen stellen: kaliumfosfiet valt in water direct uiteen in K⁺ en HPO₃²⁻. Beide komen van nature overal voor; ook in het menselijk lichaam (google op 2-aminoethylphosphonic acid en zie de lezing van Scharafat, Tilco Biochemie in het verslag van de

fosfietbijeenvorming in Berlijn. K komt uit KCL en P uit het mineraal $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, calciumfosfaat. Natuurlijker kan het niet. Deze redeneringen scheppen echter geen duidelijkheid.

In bovengenoemd vragenronde kwamen 2 uitersten naar voren:

- Alles wat verder gaat dan een fysische behandeling (malen, persen, verhitten), extractie met water, zuur, loog, niet-giftig organisch oplosmiddel (dus bijvoorbeeld geen hexaan) en vergisting levert een synthetisch product op.
- Het via chemische processen versleutelen van stofjes tot (complexere) organische verbindingen die niet van nature voorkomen.

Als je het productieproces van kaliumfosfiet vergelijkt met dat van kaliumbicarbonaat, koperoxychloride, koperhydroxide, dan moet de conclusie zijn dat kaliumfosfiet net zoveel synthetisch of net zo weinig synthetisch is als die andere middelen. Bij alle vier middelen worden natuurlijke grondstoffen industrieel omgezet m.b.v. elektrolyse, verhitting (al dan niet onder zuurstoftoevoer) gebruik katalysatoren, etc. Het argument "synthetische productie" is bij kaliumfosfiet dus niet steekhoudend.

2. Residuen en nultolerantie

De Verordening Biologische Landbouw EC 889/2008 zegt over residuen het volgende: "If products are not of plant, animal, microbial or mineral origin and are not identical to their natural form, they may be authorized only if their conditions for use exclude any direct contact with the edible parts of the crop".

Fosfiet is natuuridentiek, daarom gelden de nationale of internationale residu-normen.

Het instituut EPA (Environmental Protection Agency) in de VS acht fosfiet dermate onschuldig dat er geen residu-normen zijn vastgesteld.

- The Agency concludes that if products containing phosphorous acid as an active ingredient are used in accordance with label directions, there is a reasonable certainty that no harm to the US-population, including infants and children, will result from aggregate exposure to residues of phosphorous acid, when used as an agricultural fungicide on all food commodities or when used as a post-harvest treatment on potatoes. Bron: Phosphorous Acid; Proposed Amendment to Exemption From Tolerance. Juni 2006, Last update oktober 2009. (phosphorous acid = H_3PO_3 en phosphoric acid = H_3PO_4).

In de Europese Unie zijn er nog geen besluiten genomen over residuen van fosfiet uit kaliumfosfiet. Daarom zijn ter vergelijking de MRL's van Aliette (fosetyl-aluminium) genomen.

- Appel (toepassing vóór de bloei): geen residu aantoonbaar maar de analysemethode is niet erg gevoelig: $<5 \text{ ppm} \leftrightarrow 75 \text{ ppm}$ MRL Aliette.
- Druif (toepassing tot einde bloei): $3-8 \text{ ppm} \leftrightarrow 100 \text{ ppm}$ MRL Aliette.
- Peer (Toepassing na de bloei): $4-5 \text{ ppm} \leftrightarrow 75 \text{ ppm}$ MRL Aliette. Opvallend resultaat in onderzoek Bayer, want bij appel vind je bij toepassing na de bloei sterk verhoogde residugehalten.

Conclusie: Bij gerichte toepassing (grootfruit voor de bloei, druif tot einde bloei) liggen de residuen op een niveau ver beneden de MRL's voor Aliette.

In de discussie in Duitsland is als nieuw argument de 0-tolerantie voor verwerkte babyvoeding opgedoken. De Europese richtlijn meldt als grens 0.01 ppm. Reden waarom de FÖKO tegen de toelating van kaliumfosfiet zijn.

De Duitse opstelling staat haaks op de conclusie van de EPA dat de fosfietresiduen noch voor volwassenen noch voor zuigelingen en grotere kinderen (infants and children) een risico vormen. N.B. in de Oxford advanced dictionary wordt – bij children – zelfs het ongeboren kind meegerekend

Conclusie: De Duitse bezwaren in verband met de nul-tolerantie in babyvoeding zijn niet steekhoudend.

3. Persistentie en mogelijke ophoping

Markus Kelderer (Laimburg) meldt in 2008 (Eco-fruit ...): 'The absence of detectable residues in fruits of plots treated with K-phosphite 4 times prior to flowering may be due to the fact that the leaf mass present

on the trees at this stage was very low and therefore the uptake of the active ingredient may have been limited.”

Er was dus geen substantiële opname in de bladmassa met transport van daaruit naar de vruchten en in de herfst naar het hout en daarna in het volgend voorjaar weer naar de knoppen (bladeren en vruchten) *)

*) Fosfietresidu in afgevallen blad wordt bij de vertering van het blad omgezet in fosfaat en dan opgenomen in de fosforkringloop.

Randolf Kauer (hoogleraar ökologischer Weinbau te Geisenheim) meldt in februari 2010 dat uit onderzoek aan meerjarige toepassingen van kaliumfosfiet geen toename van het fosfietgehalte in de most en de wijn bekend is, hoewel bij toepassing tot einde bloei er gespoten wordt op de bladeren. In deze onderzoeken werden geen fosfietanalyses aan de bladmassa uitgevoerd.

Op de fosfietbijeenkomst in november 2010 meldt Kauer echter het volgende: “Aus ergänzenden Versuchen kann vorläufig festgestellt werden dass Phosphonate in der Rebe ebenfalls eine gewisse Persistenz von 2-3 Jahren aufweisen und sich aus diesem „Phosphonat-Pool“, auch nach Aussetzen von Applikationen, Rückstände im Wein an der Nachweisgrenze nachweisen lassen“.

Dit zou betekenen dat zowel bij appel na de bloei als bij druif tot einde bloei door toepassing op de groene bladmassa er een langzame accumulatie in het teeltsysteem plaatsvindt doordat de bestrijding van schurft resp. valse meeldauw jaarlijks wordt herhaald.

Twee vragen:

- Hoe verhoudt dit afbraakgedrag zich tot het criterium Persistentie in de nieuwe Europese verordening? Hierover moeten de aanvrager van de Annex I toelating (Luxembourg Industries??) en de Europese zaakwaarnemer (Tilco Biochemie??) duidelijkheid verschaffen.
- Het persistentieprobleem moet ook spelen bij Aliette. Aliette wordt op peer na de bloei gespoten tegen knop-/bloesemsterfte (*Pseudomonas syringae*) en op appel tegen stambasisrot (“apply the first spray in early spring when (appel) trees are in full leaf”).

Conclusies:

- De persistentie in houtige gewassen en daardoor de mogelijkheid van accumulatie bij meerjarige toepassing is het enige serieus te nemen probleem in de discussie over de toelaatbaarheid van kaliumfosfiet.
- Onderzoek met gevoeliger analysemethoden is gewenst om de afwezigheid van fosfietresidu in grootfruit bij toepassing vóór de bloei te bevestigen.
- Bij druif dient de betekenis van Kauer's voorlopige conclusie nader te worden bekeken.
- Zorgdragen voor een goede vertering van afgevallen blad waarbij microbiële omzetting van fosfiet in fosfaat plaatsvindt, staat buiten kijf.

2.2 Literatuuronderzoek

De informatie over PK2 is in drie onderdelen op te splitsen

1. De loofbeschermende werking van PK2 tegen *P. infestans*
2. De knolbeschermende werking tegen *P. infestans* en
3. De bemestende waarde van PK2.

De knolbeschermende werking is weer op te delen in

- het effect van gewasbehandelingen op de knollen en
- het effect van knolbehandelingen op de uitbreiding van *P. infestans* daarna in de bewaring en na uitpoten in het veld.

Deze effecten worden in verschillende publicaties soms beide besproken en daarom hier deels ook samen besproken.

2.2.1 Gewasbehandelingen met PK2 en na-oogst effect

Cooke & Little (2002) testten in een proef PK2 en vonden dat één gewasbespuiting met 4 kg PK2 per ha het percentage aangetaste knollen betrouwbaar verlaagde; 2 kg was te weinig voor een betrouwbare vermindering van de knolaantasting. De bespuiting werd uitgevoerd op 19 juli en de knollen werden geoogst op 12 en 26 augustus. De geoogste knollen werden geïnoculeerd en 3 weken later op knolaantasting beoordeeld. Zij concludeerden dat fosfietformuleringen alleen, *Phytophthora infestans*-infecties niet voldoende beperkten om het risico van een vervroegde loofafsterving te voorkomen. Wel kon een combinatie van een fosfietformulering met een fungicide effectief zijn bij de *Phytophthora infestans*-bestrijding waarbij fosfiet de knollen beschermt en tegelijkertijd het risico op resistentie minimaliseert.

Mayton et al. (2008) onderzochten de werking van gewasbespuitingen met verschillende fosfieten waaronder kaliumfosfiet (PK2; handelsnaam Prophyt) op de knolaantasting na de oogst. Ze deden ook waarnemingen aan het loof. Het middel werd in 2005 in twee proeven 8 weken lang wekelijks over het kunstmatig besmette gewas gespoten in een hoeveelheid van 2,4 kg per ha. Alle fosfieten waaronder PK2 onderdrukten de *Phytophthora*-aantasting in het loof. Maar de fosfieten waren in vergelijking met chloorthalonil - wekelijkse bespuitingen met 1,3 kg werkzame stof per ha - minder effectief. De gewasbehandelingen met kaliumfosfiet leidden daarentegen tot minder knolaantasting bij de oogst dan die met chloorthalonil.

Op het oog niet aangetaste knollen vertoonden ook na twee maanden bewaring na kaliumfosfietgewasbehandelingen betrouwbaar minder aangetaste knollen dan na chloorthalonil. Van chloorthalonil is overigens bekend dat dit middel weinig doet tegen knolaantasting.

Lobato et al. (2011) toonden ook aan dat gewasbespuitingen met PK2 een gunstig effect hadden op het product na de oogst. Ze lieten zien dat *Phytophthora infestans* en ook *Fusarium solani* en *Erwinia carotovora* na gewasbespuitingen, in de bewaring minder snel uitbreidden. Zij deden dit onderzoek met het voor *Phytophthora infestans* zeer vatbare ras Shepody. Dit ras is ook vatbaar voor infecties met *Fusarium solani*.

PK2 werd in dit onderzoek van knolaanleg tot oogst iedere 15 dagen gespoten met een dosering van 3 liter PK2 per ha. Zij concludeerden dat er gemiddeld ten opzichte van niet behandelde planten geen opbrengstderiving van PK2 was en ze hadden de indruk dat bij minder goede bodemcondities PK2 zelfs gunstig kan zijn voor de totale opbrengst. Zij baseerden hun uitspraken over na-oogst effecten door knollen te toetsen op deze ziekten.

Eerder hadden Lobato et al. (2008) aangetoond dat zowel gewasbespuitingen met calciumfosfiet (CaPO₃) als kaliumfosfiet (K₂PO₃) een hoog niveau van bescherming gaven tegen *Phytophthora infestans*. Fosfiet had geen negatief effect op de gewasgroei. Ook een pootgoedbehandeling met kaliumfosfiet had een gunstig effect op de mate van opkomst nadat het pootgoed kunstmatig met *Phytophthora*-sporen besmet was. Hiertoe werd het pootgoed gesneden, met *Phytophthora*-sporen besmet en vervolgens met fosfiet bespoten. Het werd bij 2 rassen, Shepody en Kennebec, nagegaan en de met kaliumfosfiet behandelde

knolstukken bereikten bijna 90% opkomst terwijl de opkomst bij het water behandelde controle-object 0% was. Ook werd het effect van kaliumfosfiet op *Fusarium solani* en *Rhizoctonia solani* nagegaan. Tegen *Fusarium solani* was er een significant positief effect, hoewel minder zwart-wit dan bij *Phytophthora infestans*. Tegen *Rhizoctonia solani* was het effect bij Shepody niet betrouwbaar en bij Kennebec wel betrouwbaar positief.

Bourget et al. (2011) hebben de werking van PK2 in 2010 in een veldproef onderzocht. Zij gebruikten tot 1200 g PO₃ (~ 4,8 liter PK2) per ha per bespuiting en concludeerden dat PK2 alleen, een zwakke werking had tegen *Phytophthora infestans*, maar dat een halve dosering fosfiet in combinatie met een halve dosering van een fungicide wel goed werkte. De combinatie werkte beter dan 50% fungicide alleen en was bijna gelijk aan 100% van het fungicide.

Wang-Pruski et al. (2010) toonden aan dat wekelijkse bespuitingen met een op fosforigzuur gebaseerd fungicide (Confine™; een mengsel van K₂HPO₃ en KH₂PO₃) het loof van aardappelen (2 rassen; Russet Burbank en Shepody) in beperkte mate beschermde tegen *Phytophthora infestans*. Zij vergeleken chloorthalonil alleen met chloorthalonil in combinatie met kaliumfosfiet, kaliumfosfiet alleen en een water controle. Bij beide rassen bleek dat de combinatie van chloorthalonil en kaliumfosfiet een betere bescherming gaf dan dezelfde hoeveelheid chloorthalonil alleen. Kaliumfosfiet (Confine™) alleen werkte minder goed dan chloorthalonil alleen maar was beter dan de water controle. In beide proeven reageerde Russet Burbank beter dan Shepody dat wil zeggen in beide proeven werd de *P. infestans*-aantasting bij Russet Burbank door de middelen en combinaties van middelen beter onderdrukt dan bij Shepody.

2.2.2 Bemestende waarde van kaliumfosfiet

Volgens Boerderij (2011) is de plantenvoedende waarde van fosfiet te verwaarlozen. Gewassen met fosfaatgebrek kunnen er zelfs schade van ondervinden. Fosfiet verhindert de planten namelijk maatregelen tegen de gebrekiekte te nemen. Dit is volgens Boerderij uit proeven met koolzaad, mais en andere gewassen gebleken.

McDonald et al. (2001) beschrijven dat fosfieten voor gewassen niet geschikt zijn als enige bron van fosfaatbemesting. Het is zelfs omgekeerd. Als iemand een fosfiet gebruikt moet deze ervoor zorgen dat de beschikbaarheid van fosfaat voldoende is, anders loopt hij/zij het risico dat het gewas minder vitaal is; dat wil zeggen eerder dood gaat.

Brunings et al. (2005) melden dat fosforigzuur (H₃PO₃) in de plant niet kan worden omgezet in fosfaat (PO₄³⁻), dat de belangrijkste bron is van fosfor (P) voor planten. Volgens Brunings et al. zijn er geen plantenzymen bekend die PO₃³⁻ kunnen omzetten in PO₄³⁻. Dit maakt ook duidelijk waarom fosfiet stabiel is in planten en niet wordt omgezet naar fosfaat (PO₄³⁻). Daarom is er volgens deze auteurs ook geen bewijs dat fosforigzuur de plantengroei verbetert. Sommige in de bodem levende bacteriën kunnen PO₃³⁻ wel omzetten in PO₄³⁻, maar dit proces verloopt te langzaam om van praktische betekenis te zijn.

2.2.3 Andere fosfieten

In de literatuur worden proefresultaten met meerdere fosfieten beschreven waarbij de gewasbeschermende werking tegen *Phytophthora infestans* is nagegaan.

Uit het eerder beschreven onderzoek van Cooke & Little (2002) bleek dat het met één of twee gewasbespuitingen met fosetyl-aluminium (merknaam Aliette) over het aardappelgewas, na kunstmatige besmetting van de geogste knollen, niet lukte om de knollen op een statistisch betrouwbare wijze tegen *P. infestans* te beschermen.

Johnson et al. (2005) onderzochten ook het effect van twee à drie gewasbespuitingen met een fosfiet, in hun geval Phostrol, op de mate van bescherming van de geogste knollen tegen aantasting door onder andere *Phytophthora infestans*. Phostrol is een mengsel van mono- en dibasisch natrium-, kalium- en ammoniumfosfiet (Na₂HPO₃ + NaH₂PO₃, K₂HPO₃ + KH₂PO₃ en (NH₄)₂HPO₃ + (NH₄)H₂PO₃). Zij toonden aan dat deze bespuitingen effectief zijn ter bescherming van de knollen tegen aantasting door deze oömyceet in het veld.

Ook Miller et al. (2006) gingen de effectiviteit van Phostrol na op ondermeer besmettingen door *Phytophthora infestans* tijdens de oogst. Zij deden dit door de knollen direct na de oogst te besmetten met *Phytophthora infestans*. Vervolgens behandelden zij de knollen 0, 1, 2, 4 en 6 uur na inoculatie met het middel. Phostrol™ bleek na alle tijdsintervallen heel effectief Phytophthora-aantasting tegen te gaan. Zij concludeerden dan ook dat dit onderzoek een indicatie is dat Phostrol™ in hoge mate een effectief na-oogst fungicide kan zijn om uitbreiding van *Phytophthora infestans* tijdens de bewaring tegen te gaan.

De Argentijnse onderzoekers Lobato et al. (2008) onderzochten behalve het effect van kaliumfosfiet ook het effect van calciumfosfiet. Zij deden dit op verschillende wijzen. Zij infecteerden gesneden knollen met zoösporen van *Phytophthora infestans* en behandelden ze direct met beide fosfieten en plantten ze in potten. Door behandeling met de beide fosfieten werd de opkomst sterk verbeterd; zonder fosfiet was er geen opkomst, met kaliumfosfiet 90% opkomst en met calciumfosfiet 50 en 75% opkomst. De met fosfieten behandelde knolstukken / planten vertoonden na opkomst geen Phytophthora-symptomen. Zij gingen ook het effect van beide middelen op het loof na. Ze behandelden kasplanten 2 en 4 keer, beide met 3 concentraties van kalium- en calciumfosfiet. Ze plukten blad en gingen de mate van bladbescherming na. De hoogste doseringen bleken de beste bescherming te geven. Er bleek een middel x ras interactie te zijn. Bij het minder vatbare ras Kennebec gaf calciumfosfiet een betere bladbescherming en bij het voor Phytophthora erg vatbare ras Shepody werden de beste resultaten met kaliumfosfiet verkregen.

Mayton et al. (2008) onderzochten behalve kaliumfosfiet (handelsnaam Prophyt) in veldproeven ook nog vier andere fosfiet bevattende producten namelijk aluminium-tris-*O*-ethyl-fosfonaat (merknaam Aliette), een mengsel van dikaliumfosfiet (K_2HPO_3) en dikaliumfosfaat (K_2HPO_4) (merknaam Biophos), een mengsel van mono- en dikaliumfosfiet (KH_2PO_3 en K_2HPO_3) (merknaam Fosphite), en een mengsel van mono- en dibasisch natrium-, kalium- en ammoniumfosfiet (merknaam Phostrol). De middelen werden wekelijks over het gewas gespoten, alleen en in combinatie met chloorthalonil. Zij concludeerden dat alle fosfieten alleen en in combinatie met chloorthalonil de loofaantasting beperkten. De fosfieten beperkten de knolaantasting beter dan chloorthalonil. Het effect op knolaantasting was vooral na twee maanden bewaring goed te zien.

Johnson (2008) ging van enkele fosfieten het effect na bij toepassing na de oogst. Hij deed dit voor *Phytophthora infestans* en voor *Phytophthora erythroseptica* (roodrot) gedurende twee jaar. Binnen 7 dagen na de oogst beschadigde hij knollen, infecteerde ze en behandelde ze na 1 of 3 uur met de middelen. De fosfieten waren Phostrol, Prophyt en Rampart (mengsel van mono- en dikaliumfosfiet). Hij concludeerde dat al deze 3 middelen een volledige bescherming gaven tegen beide Phytophthora's.

Aliette WG met als werkzame stof fosetyl-aluminium van Bayer Cropscience is het enige fosfiet dat ook in Nederland als gewasbeschermingsmiddel in een reguliere teelt in het open veld is toegelaten; dit is tegen stengelbasisrot (*Phytophthora cactorum*) en tegen roodwortelrot (*Phytophthora fragariae*) in aardbeien. In aardappelen is Aliette niet toegelaten.

2.3 Residu in de knollen

In 2010 is op een zavelgrond op het PPO te Lelystad een Phytophthorabestrijdingsproef aangelegd waarin een aantal objecten meerdere keren met koper, 2 formuleringen (A en B), en gedeeltelijk gecombineerd met PK2, is behandeld. De proef is op 20 augustus doodgespoten.

Van 6 objecten is op 22 september een monster knollen geoogst. Deze zijn op 23 september diepgevroren en in maart 2011 op het laboratorium van Dr Matteazzi Aldo te Laimburg in Noord Italië op fosfietresidu geanalyseerd.

Hierbij zijn de volgende hoeveelheden residu vastgesteld. Ze staan in de laatste kolom van tabel 1.

Tabel 1. **Behandelingen, spuitdata en residu fosfiet in mg/kg in de knollen.**

	Object	2 July	12 July	19 July	26 July	3 Aug.	9 Aug.	16 Aug.	mg/kg
1	Niet behandeld								<0.5
2	600 g Cu per ha als formulering A	x	x	x	x	x	x	x	<0.5
3	300 g Cu/ha als A + 0,5 l PK2/ha	x	x	x	x	x	x	x	3.5
4	300 g Cu/ha als A + 50 g Cu/ha als B + 0,5 l PK2/ha	x	x	x	x	x	x	x	5.8
5	150 g Cu/ha als B + 1 l PK2/ha				x	x			3.7
6	75 g Cu/ha als B + 1 l PK2/ha		x		x	x	x		5.6

De twee niet met PK2 gespoten objecten (1 en 2) hadden een gehalte <0.5 mg/kg.

Van de wel met PK2 gespoten objecten lijkt alleen object 3 verhoudingsgewijze wat laag (7x met 0.5 l PK2/ha bespoten). Dit kan variatie in de bepalingsmethode geweest zijn.

Uit informatie van de heer R. Boeringa blijkt dat deze gehalten als erg laag moeten worden beoordeeld. Speiser et al. (1993) noemen in hun hoofdstuk dat biologische wijn in Zwitserland alleen als biologisch mag worden verkocht bij minder dan 25 mg/kg fosfiet; althans dat gold toen.

3 Conclusies

1. In de EU-verordening biologische landbouw wordt PK2 niet genoemd in de lijst met toegelaten gewasbeschermingsmiddelen. Met die EU-verordening heeft Nederland te maken. Daarom is PK2 in de teelt van biologische aardappelen niet toegestaan.
2. PK2 een plantversterker noemen en daarmee bedoelen dat het een bemestende waarde heeft is dubieus omdat fosfiet door planten niet kan worden omgezet in het belangrijke planten voedende ion fosfaat (PO_4^{3-}). In de grond kan fosfiet (PO_3^{3-}) wel door bepaalde organismen in fosfaat worden omgezet. Dit is een proces dat langzaam verloopt.
3. Als fungicide is PK2 werkzaam.
 - a. Apart toegepast, heeft het middel een zwakke loof beschermende werking tegen aantasting door *Phytophthora infestans*.
 - b. In combinatie met andere fungiciden (toegelaten in de reguliere teelten) versterkt het de werking van die andere fungiciden en meer dan de optelsom van beide middelen apart.
 - c. Loofbehandelingen leiden tot residu in de knollen en dit maakt dat de knollen minder door *Phytophthora infestans* worden aangetast.
 - d. Ook knolbehandelingen bij het inschuren remmen aantasting door *Phytophthora infestans* tijdens de bewaring en bij opkomst in het veld.
4. Dat PK2 tot residu in de knollen leidt hoeft niet te betekenen dat dit schadelijk is voor de humane gezondheid. De EPA in de VS acht de toxiciteit zodanig dat het middel in de Verenigde Staten is toegelaten zonder residunormen.

Geraadpleegde literatuur

Anonymus (2011). Minder zachtrot door fosfiet. Boerderij Akkerbouw p.45, Jg. 96, no. 47 (23 augustus 2011).

Bourget, D., D. Gaucher & S. Duvauchelle (2011). Lutte alternative contre le mildiou. Potato Planet 028, mai/juin p.44-46.

Brunings, A., L.E. Datnoff & E.H. Simonne (2005). Phosphorous acid and phosphoric acid: when all P sources are not Equal. University of Florida – IFAS Extension (<http://edis.ifas.ufl.edu/hs254>).

Cooke, L. R. & G. Little (2002). The effect of foliar application of phosphonate formulations on the susceptibility of potato tubers to late blight. Pest Management Science, 58, 17-25.

Johnson D. A., D. A. Inglis & J. S. Miller (2005). Control of potato tuber rots caused by oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. Plant Dis 88: 1153-1159.

Johnson, S. B. (2008). Post-harvest applications of phosphorous acid materials for control of *Phytophthora infestans* and *Phytophthora erythroseptica* on potatoes. Pl. Path. J. 7 (1): 50-53.

Kühne, S. & B. Friedrich (2010). 14. Fachgespräch: Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Phosphonate. Berichte aus dem Julius Kühn-Istitut 158. Berlin-Dahlem, 09. November 2010. http://oekologischerlandbau.jki.bund.de/dokumente/upload/7d547_heft158_endfassung.pdf

Lobato, M. C., M. F. Machinandiarena, C. Tambascio, G. A. A. Dosio, D. O. Caldiz, G. R. Daleo, A. B. Andreu & F. P. Olivieri, 2011. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. Eur. J. Plant Pathol.: 130: 155-163.

Lobato, M. C., F. P. Olivieri, E. A. González Altamiranda, E. A. Wolski, G. R. Daleo, D.O. Caldiz & A. B. Andreu, 2008. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. Eur. J. Plant Pathol.: 122: 349-358.

Mayton, H., Myers. K & W. E. Fry (2008). Potato late blight in tubers – The role of foliar phosphonate applications in suppressing pre-harvest tuber infections. Crop Protection 27, 943 – 950

McDonald, A.E., B.R. Grant & W.C. Plaxton, 2001. Phosphite (Phosphorous acid): Its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. J. Pl. Nutrition, 24:10, 1509-1519.

Miller, J. S., N. Olsen, L. Woodell, L. D. Porter & S. Clayson (2006). Post-harvest applications of zoxamide and phosphite for control of potato tuber rots caused by oomycetes at harvest. Am. J. Pot. Res. 83, 269-278.

Speiser, B., A. Häseli, A. Berner & U. Niggli, 1993. Wirkung, ökotoxikologische Eigenschaften und Verhalten in Pflanzen des Fungizides Kaliumphosphit – Beurteilung im Hinblick auf einen Einsatz im ökologischen Landbau. In U. Zenger (ed) Forschung im ökologischen Landbau, Söl. Sonderausgabe, nr.42, 1993.

Wang-Pruski, G., R.H. Coffin, R.D. Peters, K.I. Al-Mughrabi, H.W. Platt, D. Pinto, S. Veenhuis-MacNeill, W. Hardy, L. Sangyun & A. Tess, 2010. Phosphorus acid for late blight suppression in potato leaves. Am. J. Pl. Sci. and Biotechnology, 4, pp. 25-29.