

## Phosphonat zur Bekämpfung der *Phytophthora infestans* bei Kartoffeln – eine mögliche Alternative zu Kupfer?

Krebs, H.<sup>1</sup>, Vogelgsang, S.<sup>1</sup> und Forrer, H.R.<sup>1</sup>

*Keywords:* Kartoffeln, Krautfäule, Kupfer, Phosphonat

### Abstract

*Since more than hundred years, copper-products are used to control late blight of potato, caused by *Phytophthora infestans*. However, the heavy metal copper accumulates in the soil and affects soil flora and fauna. For this reason, copper agents are listed in the EU only until the end of November 2016. In conventional and integrated farming, copper products have been replaced by synthetic fungicides. In organic production, intensive research is conducted to develop effective alternatives that could replace copper fungicides.*

*In Germany, plant strengthening agents based on phosphonate are allowed to be used in organic viticulture until the end of the flowering period to control downy mildew. However, if vine plants are treated with phosphonate after flowering, residues remain in the grapes. Nevertheless, the use of these products in viticulture enabled a reduction in copper treatments.*

*Potato field trials were conducted in order to investigate whether phosphonate products can entirely or partially replace copper fungicides. Another aim was to clarify to what extent residues can be reduced with applications limited to a particular time or growth stage period.*

### Einleitung und Zielsetzung

Kupfer-Präparate zeichnen sich aus durch eine gute Schutzwirkung gegen *Phytophthora infestans*, dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln. Kupfer wird durch die Pflanzen nur in sehr geringen Mengen als essenzielles Spurenelement dem Boden entzogen. Zu oft oder in zu hohen Mengen eingesetzt, reichert sich Kupfer im Boden an (AGES 2011) und schädigt die Bodenfauna (Kula *et al.* 2002). Deshalb soll Kupfer auch im Bio-Anbau ersetzt oder zumindest reduziert werden. In der EU sind Kupfer-Wirkstoffe vorerst noch bis zum 30.11.2016 in Annex I eingetragen (EU 2009).

Gemäß Richtlinien des ECOVIN-Verbands ist beim Öko-Weinbau das Algen- und Phosphonathaltige Pflanzenstärkungsmittel Frutogard<sup>®</sup> zugelassen. Die fungizide Wirkung auf den Krankheitserreger beruht zum einen direkt auf der Hemmung der oxydativen Phosphorylierung im Pilz und zum andern indirekt auf einer Mobilisierung der Abwehrkräfte der Pflanzen durch Bildung von Phytoalexinen (Michalik 2010). Ein Nachteil der Phosphonat-Produkte ist, abhängig vom Anwendungsstadium, die Bildung von Phosphonat-Rückständen in den Früchten (Kelderer 2010). Um dies zu vermeiden, ist die Frutogard<sup>®</sup>-Anwendung bei den Reben nur bis abgehende Blüte (BBCH-69) erlaubt.

---

<sup>1</sup> Agroscope Reckenholz-Tänikon, Forschungsanstalt ART, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Schweiz, heinz.krebs@art.admin.ch, www.agroscope.ch

Bei einer zu erwartenden Listung des Wirkstoffs Kalium-Phosphit in Anhang I der EU VO 1107/2009 könnten Phosphonat-Produkte nur bei einer Aufnahme in Anhang II der EU VO 889/2008 weiterhin im ökologischen Weinbau eingesetzt werden.

Es stellt sich die Frage, ob mit einer Phosphonat-Anwendung im Kartoffelbau der Kupfereintrag vermindert werden kann, ohne die Knollen mit entsprechenden Rückständen zu belasten. Während in Knollen bei Versuchen des Schweizer FiBL Phosphonat-Rückstände nachgewiesen wurden (Speiser, FiBL Schweiz, nicht publiziert), konnten in einem Feldexperiment der Universität Bonn keine Unterschiede zur unbehandelten Kontrolle festgestellt werden (Neuhoff 2010). Der abweichende Befund könnte auf die unterschiedliche Intensität der Behandlungen zurückzuführen sein.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, die Wirksamkeit und die Rückstände einer durchgehenden gegenüber einer zeitlich limitierten Phosphonat-Anwendung zu untersuchen.

## Methoden

An der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon in Zürich wurden in den Jahren 2011 und 2012 Feldversuche mit dem K-Phosphonat Phosfik<sup>®</sup>, Biolchim, angelegt, um neben der Wirksamkeit gegen den Krautfäule-Erreger auch die Rückstände in den Knollen zu untersuchen. Die Versuche wurden als randomisierte Kleinparzellenversuche mit vier Wiederholungen angelegt. In beiden Jahren wurden an jeweils zwei Standorten Versuche mit den mittelanfälligen Sorten Agria und Nicola, im Jahr 2012 auch mit der hoch anfälligen Sorte Bintje, durchgeführt.

Im Jahr 2011 wurde Phosfik<sup>®</sup> in einer Variante mit 3 l/ha in Zeitabständen von zwei Wochen eingesetzt, in einer zweiten Variante wurde das Produkt mit 1.5 l/ha in wöchentlichen Intervallen appliziert - dies im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle sowie einer wöchentlichen Kupferbehandlung.

Da auch bei Kartoffeln mit einer frühen und zeitlich limitierten Phosphonat-Anwendung tiefere Rückstandswerte in den Knollen zu erwarten sind, wurde im Jahr 2012 die durchgehende Phosfik<sup>®</sup>-Behandlung mit 3 l/ha mit einer Variante mit vier frühen Phosphonat- und anschließend vier Applikationen mit dem Kupfer-Produkt Kocide DF<sup>®</sup> (300 g/ha pro Behandlung) verglichen.

In den letzten Versuchsjahren war mit Faulbaumrinde (*Frangula cortex*), wöchentlich als 4-prozentige Suspension appliziert, stets eine gesicherte Befallsverzögerung zu beobachten. Daher wurde in den Jahren 2011 und 2012 eine Faulbaumrinde-Variante mit durchgehender Behandlung und im Jahr 2012 eine Variante mit vier frühen Phosphonat- und anschließend vier *Frangula*-Applikationen mitgeprüft.

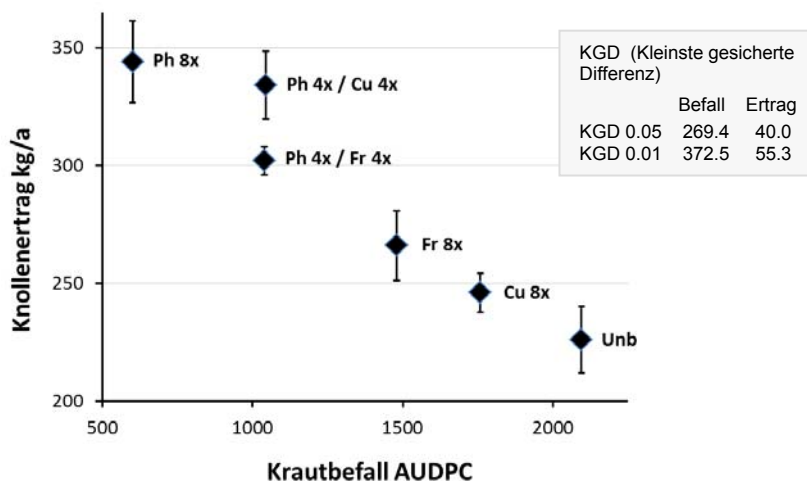
Um die Schutzwirkung der Behandlungsvarianten bei einem Frühbefall zu testen, wurden im Jahr 2012 an beiden Standorten nach der ersten Applikation Töpfe mit befallenen Bintje-Pflanzen in den Versuch gesetzt. Ab Befallsbeginn in den Versuchspartellen wurde die Befallsentwicklung zweimal wöchentlich ermittelt. Der Knollenertrag wurde differenziert nach Kalibrierung (< 32 mm; 32-45 mm; > 45 mm) erfasst.

## Ergebnisse

Im Jahr 2012 wurde der Befallsverlauf durch die niederschlagsreiche Witterung im Sommer begünstigt. Der Krautfall setzte drei bis vier Wochen früher ein als im Jahr

2011. Deshalb und aufgrund des anhaltend starken Infektionsdrucks waren die Knollenerträge im Jahr 2012 insgesamt deutlich niedriger als im Jahr 2011.

Bei den mittelanfälligen Sorten Agria und Nicola wurde sowohl 2011 als auch im Krautfäulejahr 2012 eine hohe Schutzwirkung der Phosphonat-Behandlungen festgestellt. Mit einer Schutzwirkung von 60 bis 70 % beim Krautfall konnten Knollen-Ertragsverluste von 118 bis 130 kg/a verhindert werden. Bei der stark anfälligen Sorte Bintje wurde mit den Phosphonat-Behandlungen mit einem Wirkungsgrad von 45 % der Krautfäulebefall leicht verzögert; der Ertragseffekt war mit 56 kg/a dann auch weniger ausgeprägt.



**Abbildung 1: Wirkung von Phosphonat-, *Frangula*- und Kupferbehandlungen auf Krautfall und Knollenertrag, Sorte Agria, Versuchsjahr 2012, Agroscope Zürich-Reckenholz.**

AUDPC: Area under disease pressure curve; Mittelwerte mit Standardfehler  
Unb = Unbehandelt, Cu = Kupfer, Fr = *Frangula*, Ph = Phosphonat

In den Jahren 2011 und 2012 wurden mit den vier prozentigen *Frangula*-Behandlungen vergleichbare Befallsverzögerungen wie mit 3 kg Cu/ha erzielt. Bei den Sorten Bintje und Nicola waren die acht *Frangula*-Behandlungen trotz signifikanter Krautfäulewirkung nicht ertragswirksam. Bei der Variante vier Phosphonat-Behandlungen und vier Folgebehandlungen mit *Frangula* resultierte bei Bintje ein Mehrertrag von 33 %, bei Nicola 21 % und bei Agria 27 % gegenüber den unbehandelten Kontrollparzellen.

Im Jahr 2011 wurden bei den Verfahren mit Phosphonat-Behandlungen, bei der Sorte Agria 30.3 bis 36.3 mg/kg und bei der Sorte Nicola 16.9 mg/kg Phosphonsäure in den Knollen nachgewiesen. Die Rückstandsdaten der Versuche 2012 lagen zum Zeitpunkt der Einreichungsfrist des Beitrags noch nicht vor, werden jedoch an der Tagung vorgestellt.

## Diskussion

Gemäß Planung sollten 3 kg/ha Kupfer auf zehn Behandlungen aufgeteilt werden. Aufgrund des frühen und starken Krautbefalls im Jahr 2012 wurden die beiden letzten Behandlungen nicht mehr durchgeführt. Somit wurden nur 2.4 kg/ha Kupfer appliziert. Die Kupfer-Schutzwirkung und der Knollenertrag wären höher ausgefallen, wenn die 3 kg/ha auf acht Behandlungen verteilt worden wären.

Das trifft auch für die Kupfervariante zu, bei der vier Phosphonat-Behandlungen vorausgingen. Wären dort bei den vier Folgebehandlungen 1.5 kg/ha, statt nur 1.2 kg/ha, Kupfer appliziert worden, wären die Wirkungs- und Ertragsdaten höher ausgefallen.

Mit dem Kupfer-Produkt Kocide DF<sup>®</sup> wurde eine ältere Hydroxid-WG-Formulierung verwendet. Mit den neuesten Formulierungen (z.B. Cuprozin<sup>®</sup> progress) könnte der Kupfer-Eintrag optimiert werden.

Die Resultate zeigen, dass auch im Kartoffelbau mit einer limitierten Phosphonat-Anwendung der Kupfer-Eintrag verringert werden könnte. In weiteren Versuchen muss geklärt werden, bis zu welchem Entwicklungsstadium Phosphonat appliziert werden kann, ohne die Knollen mit Rückständen zu belasten.

Nur mit einer angemessenen Einsatzstrategie, die keine Gefährdung für die Umwelt darstellt, kann Kupfer, wenn auch in geringeren Mengen, über das Jahr 2016 hinaus als Pflanzenschutzmittel erhalten werden.

Auch aktuelle Fortschritte in der Resistenzzüchtung mit wenig anfälligen Sorten werden entscheidend dazu beitragen, den Kupfereintrag im Kartoffelbau zu minimieren.

## Literatur

- AGES (2011): Forschungsprojekt Nr. 100537; 2. Zwischenbericht, 21. Dezember 2011; Kupfer als Pflanzenschutzmittel – Strategie für einen nachhaltigen und umweltschonenden Einsatz; S. 35-36.
- EU (2009): Amtsblatt der Europäischen Union, Richtlinien der Kommission 2009/37/EG, vom 23. April 2009, Anhang I, 91/414 EWG, Nr. 282.
- Goebel G. (2008): Kupferminimierung: Erste Ergebnisse zu den mittelfristigen Lösungen; 13. Fachgespräch: „Bedeutung von Kupfer für den Pflanzenschutz, insbesondere für den ökologischen Landbau – Reduktions- und Einsatzstrategien“, Berlin-Dahlem, 29. Januar 2008, S. 74-82.
- Hofmann U. (2012): Gutachten: „Kann Kalium-Phosphonat als mineralisch, natürlich vorkommend angesehen werden?“, Geisenheim, 13. April 2012, S. 3.
- Kelderer M. (2010): K-Phosphonat als Wirkstoff für den Pflanzenschutz; 14. Fachgespräch: „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“, Berlin-Dahlem, 9. November 2010, S. 14-16.
- Kula Ch., Gueske S. (2002): Auswirkungen von Kupfer auf Bodenorganismen bei langjähriger Anwendung; 7. Fachgespräch: „Alternativen zur Anwendung von Kupfer als Pflanzenschutzmittel“, Berlin-Dahlem, 6. Juni 2002, S. 11-16.
- Michalik S. (2010): Phosphonate: Dünger? Pflanzenstärkungsmittel? Dünger? Und MAC 94700F – ein neues Produkt von FCS; 14. Fachgespräch: „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“, Berlin-Dahlem, 9. November 2010, S. 10-13.
- Neuhoff D. (2010): Regulierung der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) durch Anwendung phosphonathaltiger Präparate – Wirksamkeitsvergleich mit Kupfer; 14. Fachgespräch: „Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze“, Berlin-Dahlem, 9. November 2010, S. 34.