

Eignung kupferfreier Blattbehandlungsmittel für die Bekämpfung der Krautfäule im ökologischen Kartoffelbau

Jan Nechwatal & Michael Zellner

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Pflanzenschutz

Zusammenfassung

Die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel (*Phytophthora infestans*) kann im ökologischen Kartoffelanbau bislang nur durch die Anwendung von Kupferpräparaten effektiv kontrolliert werden. Im Rahmen eines Projektes zur Reduzierung des Kupfereinsatzes wurden mögliche kupferfreie Alternativen zur Blattapplikation gegen *Phytophthora*-Befall identifiziert. Da infizierte Pflanzknollen Ausgangspunkt für Krautfäule-Epidemien sind, sollen die Mittel nicht nur das Ausmaß des Blattbefalls während der Saison verringern, sondern auch die Menge der in den Boden eingewaschenen und auf die neuen Knollen verfrachteten *Phytophthora*-Sporen. In Labor-, Gewächshaus- und Freilandversuchen wurden kommerzielle und nicht-kommerzielle Präparate auf ihre Eignung als Kupferalternativen getestet. Laborergebnisse mit künstlich infizierten Einzelblättern liegen für über 20 alternative Präparate vor. Hier konnten bei einigen Mitteln Wirkungsgrade im Bereich des Kupferpräparates erreicht werden. Diese Ergebnisse konnten auch in Topfversuchen an ganzen Pflanzen unter kontrollierten Bedingungen bestätigt werden. Daten aus Feldversuchen liegen bislang nur aus einer Saison und nicht für alle der nach Labortests besonders wirksamen Präparate vor.

Abstract

In organic potato production, late blight caused by *Phytophthora infestans* can only be effectively controlled by the use of copper fungicides. Potential copper-free products for the control of late blight have been identified in the course of a project aiming at the reduction of copper usage. Since infected seed tubers are among the main sources of infection for potato late blight and starting points for epidemics, these products should not only reduce the extent of leaf damage during the season. They should also minimise the amount of spores being washed into the soil and onto the new tubers. Laboratory, greenhouse and field tests were performed with a selection of commercial and non-commercial copper-free preparations as potential substitutes for copper. Data from lab tests with detached leaves are now available for more than 20 alternative products, some of which had efficiencies close to that of the copper fungicide control. Climate chamber tests with whole potted plants confirmed these results. Field data are not yet available for all of the most promising products.

Einleitung

Die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffel (*Phytophthora infestans*) kann im ökologischen Landbau deutliche Ertrags- und Qualitätseinbußen und hohe wirtschaftliche Schäden verursachen. Sie kann dort bislang nur durch die Anwendung von Kupfer-Fungiziden erfolgreich reguliert werden. Jedoch machen die Anreicherungsproblematik im Boden und

mögliche negative Auswirkungen auf Nicht-Ziel-Organismen eine Reduktion des Kupfereinsatzes erforderlich. Kupferhaltige Pflanzenschutzmittel sind derzeit in der EU noch zugelassen, zunächst jedoch befristet bis November 2016 und unter der Auflage, dass die Mitgliedsländer Maßnahmen zur Kupferreduzierung ergreifen. Langfristiges Ziel ist es, die Kupferzufuhr dem jährlichen Entzug anzunähern, so dass keine Anreicherung mehr erfolgt.

Ziel der vorgestellten Untersuchungen ist es, pflanzenbauliche und phytopathologische Methoden so weiter zu entwickeln, dass *Phytophthora*-Infektionen vermieden bzw. zeitlich stark hinausgezögert werden und eine direkte Behandlung des Pathogens in der Häufigkeit und dem Mitteleinsatz reduziert werden kann. Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass *Phytophthora*-Infektionen bei Kartoffeln häufig von latent befallenem Pflanzgut ausgehen (Zellner et al., 2011; Wharton et al., 2012). Durch die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Maßnahmen soll dieser Primärbefall ausgehend von infizierten Knollen reduziert und somit das Auftreten von Krautfäuleepidemien im Feld verringert bzw. verzögert werden.

Als Teil einer solchen Behandlungs- und Kupferminimierungsstrategie für den ökologischen Kartoffelanbau werden kupferfreie Alternativmittel zur Blattanwendung getestet. Diese sollen im Idealfall nicht nur das Ausmaß des *Phytophthora*-Blattbefalls während der Saison verringern, sondern auch die Menge der in den Boden eingewaschenen und auf die neuen Knollen getragenen Sporen. Als Ersatz für bzw. in Kombination mit Kupfer kann dies zu einer weiteren Reduktion des Kupfereinsatzes im ökologischen Kartoffelanbau beitragen. Die Mittel werden dazu zunächst in umfangreichen Laborversuchen an einzelnen Blättern oder ganzen Pflanzen getestet, um die vielversprechendsten Kandidaten für Feldversuche auswählen zu können.

Material und Methoden

Diverse kommerzielle und nicht-kommerzielle Blattbehandlungsmittel mit potentieller Eignung für die Krautfäulebehandlung im ökologischen Kartoffelanbau wurden in Laborversuchen an Einzelblättern und ganzen Pflanzen getestet. Insgesamt wurden bislang 22 verschiedene Produkte getestet (Tabelle 1).

In den Einzelblattversuchen wurden frisch von Gewächshauspflanzen (Sorte Agria) entnommene Blattfiedern verwendet. Die Mittel wurden in den in Tabelle 1 angegebenen Konzentrationen bis zur gleichmäßigen Benetzung der Blattoberfläche aufgesprüht. Die Anwendungskonzentrationen entsprachen jeweils den Angaben der Hersteller oder den in der Literatur genannten Daten. Etwa 2-3 Stunden nach der Behandlung (nach Abtrocknung der Blattoberfläche) wurden die Blätter künstlich inokuliert. Die Inokulation erfolgte mittels eines 50µl-Tropfens einer *P. infestans*-Sporangiensuspension (ca. fünf Sporangien/ µl). Eine zusätzlich aufgelegte Scheibe (6 mm Durchmesser) Wasser-Agar hielt diesen Tropfen auf der Blattoberfläche fest, und sorgte so für gleichmäßige Infektionsbedingungen, selbst wenn die applizierten Präparate die Oberflächeneigenschaften des Blattes verändert haben.

In jedem Einzeltest wurden 10-14 Blätter pro Präparat behandelt und inokuliert. Die Blätter wurden dann bei 15°C für sechs Tage in geschlossenen Plastikboxen inkubiert, und anschließend die Symptomausprägung als Zahl erfolgreich infizierter Blätter (Befallshäufigkeit) und % befallener Blattfläche (Befallsstärke) bonitiert (nach Lobato *et al.*, 2008: 1 = keine Läsion; 2 = einzelne Punkte; 3 = <5% ; 4 = 5–10%; 5 = 10–25%; 6 = 25–50%; 7 = 50–75%; 8 = 75–85%; 9 = 85–95%; 10 = 95–100% der Blattfläche nekrotisiert). Jedes Mittel wurde in min. 3 und max. 40 Einzelversuchen getestet. In einer zusätzlichen Versuchsreihe mit bis zu 8 Einzelversuchen wurden bei einigen der wirksamsten Mittel die

Anwendungskonzentrationen über die vom Hersteller genannten Werte hinaus erhöht (s. Tabelle 1).

Mit den im Blattversuch wirksamsten Mitteln wurden auch Versuche an ganzen Pflanzen durchgeführt. Hierfür wurden im Gewächshaus Kartoffeln der Sorte Agria in Töpfen angezogen. Gut entwickelte Pflanzen (ca. BBCH 25-29) wurden komplett mit den zu testenden Mitteln eingesprüht und in eine Klimakammer mit 21°C verbracht. Nach Trocknung der Blattoberfläche erfolgte die Inokulation mittels aufgesprüheter Sporangiensuspension (ca. 5 Sporangien/ µl) in 2 Sprühstößen mit der Laborsprühflasche (ca. 2 ml). Im Anschluss wurden transparente PE-Tüten über die Pflanzen gestülpt, um ausreichende Luftfeuchtigkeit für die Initiierung der Infektion zu erzeugen. Die Tüten wurden nach 24-48 h wieder abgenommen. In jedem Test wurden drei oder vier Pflanzen je Präparat verwendet. Die Bonitur erfolgte nach sieben Tagen, hinsichtlich Zahl der befallenen Fiederblätter (n) und dem Anteil infizierter Blattmasse pro Pflanze (%). Jedes Mittel wurde in drei bis sieben Einzelversuchen getestet.

In den Jahren 2012 und 2013 fanden außerdem an zwei Standorten in Bayern Feldversuche mit einer Auswahl der im Labor getesteten Alternativmittel statt. 2012 wurden *Bacillus*, Chitosan und das Zitrus-Produkt getestet, ein Knoblauch-Präparat, das Knöterich-Produkt, sowie eine reduzierte Kupferaufwandmenge (1,5 kg/ ha/ Jahr) im Jahr 2013. Die Präparate wurden zwischen Juni und August sechs- bis achtmal appliziert, in den in Tabelle 1 angegebenen Mengen.

Tab. 1: In Einzelblatttests, an getopften Pflanzen und im Feldversuch gegen *Phytophthora infestans* eingesetzte Produkte, sowie deren Anwendungskonzentrationen.

Produkttyp	(Produktname, wenn verfügbar)	Anwendungskonz. Blatt, 1. Testreihe	Anwendungskonz. Blatt, 2. Testreihe	Anwendungskonz. ganze Pflanze (Topf)	Aufwandmenge* Feldversuch
Kontrolle	Wasser				
Mikroorganismen/ Antagonisten	Kupferhydroxid (Cuprozin flüssig)	0.4%	0.4%	0.4%	2.0 l / 1.0 l
	Aureobasidium pullulans (BoniProtect)	0.1%	-	-	-
	Aureobasidium pullulans (BoniProtect forte)	0.1%	-	-	-
	Pythium oligandrum (Polyversum)	0.1%	-	-	-
	Bacillus subtilis (Serenade)	1%	-	-	3.0 l
Pflanzenextrakte	Knoblauchextrakt	1%	-	-	-
	kommerzielles Knoblauch-Produkt (EnviRepel AF)	pur	-	-	-
	kommerzielles Knoblauch-Produkt (AMN BioVit Konzentrat)	1%	4%	-	4.0 l
	Knöterich-Produkt (Regalia)	0.25%	1%	1%	2.5 l
	kommerzielles Zitrus-Produkt (ViCare)	0.3%	-	-	1.2 l
	Süßholzextrakt	-	5%	5%	-
	Koniferen-Rindenextrakt (Vie-Up)	pur	-	-	-
	Testmittel I	0.5%	-	-	-
	Testmittel F	0.5%	2%	2%	-
	Testmittel B	0.2%	0.8%	0.8%	-
chem. Substanzen	aktiviertes Wasser + Zeolith/ Clioptilolith (Desanol)	1.6%	-	-	-
	Dolomit-Ton-Suspension	2%	-	-	-
	Dolomit-Ton-Suspension + 10% Calciumhydroxid	2%	-	-	-
	Dolomit-Ton-Suspension + 20% Calciumhydroxid	2%	-	-	-
	Na-Phosphonat (Ceraphyt)	1%	-	-	-
	kommerzielles Chitosan (Chitoplant)	0.1%	0.4%	0.4%	0.4 kg
	Neemöl + NaHCO ₃	0.5% + 0,25%	-	-	-
	Ca Mg (OH) ₂	0.5%	-	-	-

* pro Anwendung und ha

Ergebnisse

Nur wenige der in der orientierenden ersten Testreihe getesteten Substanzen waren in der Lage, den Befall von Kartoffelblättern mit *P. infestans* hinsichtlich Befallsstärke und –häufigkeit signifikant zu reduzieren. Unter den vielversprechendsten Mitteln waren Na-Phosphonat, Chitosan, diverse Pflanzenextrakte (Knoblauch, Knöterich, Zitrus, Süßholz), sowie zwei pflanzliche Testmittel. Die Wirkungsgrade lagen jedoch immer noch deutlich unter denen des Kupfermittels (Tabelle 2). Bei erhöhten Anwendungskonzentrationen (= Testreihe 2) konnten hier nochmal verbesserte Wirkungen erzielt werden, insbesondere das Süßholzextrakt war – in der vom Hersteller empfohlenen Konzentration – in dieser Testreihe ähnlich wirksam wie das Kupferpräparat (Tabelle 2).

Einige der wirksamsten Mittel wurden auch in einer Testreihe mit getopften Kartoffelpflanzen getestet. Bei diesen Versuchen, die hinsichtlich der Infektionsbedingungen der Situation im Feld ähnlicher sind als die Einzelblattversuche, schnitten insbesondere Chitosan, das Süßholzextrakt sowie eines der Testmittel gut ab. Alle drei erreichten Wirkungsgrade ähnlich der des Kupferpräparates und konnten den Befall der Pflanzen nahezu komplett verhindern.

Tab. 2: Ergebnisse der Tests an Einzelblättern und ganzen Pflanzen für 22 Alternativmittel und Kupfer: mittl. Befallshäufigkeit (% befallene Blätter) und Befallsstärke (befallene Blattfläche, Index 1-10), bzw. mittl. Zahl der befallenen Blätter (n) und Anteil befallener Pflanzenmasse (%).

Testpräparat	Ergebnisse Blatt, 1. Testreihe		Ergebnisse Blatt, 2. Testreihe		Ergebnisse ganze Pflanze (Topf)	
	Befalls- häufigkeit	Befalls- stärke	Befalls- häufigkeit	Befalls- stärke	inf. Blätter (n)	Befall %
Wasser	96.1%	6,2	100%	6,9	14,9	22,9%
Kupferhydroxid (Cuprozin flüssig)	11.2%	1,2	2,7%	1,1	1,7	3,4%
Aureobasidium pullulans (BoniProtect)	98.1%	5,8	-	-	-	-
Aureobasidium pullulans (BoniProtect forte)	100%	5,9	-	-	-	-
Pythium oligandrum (Polyversum)	92.7%	6,5	-	-	-	-
Bacillus subtilis (Serenade)	82.5%	6,2	-	-	-	-
Knoblauchextrakt	61.2%	3,7	-	-	-	-
kommerzielles Knoblauch-Produkt (EnviRepel AF)	20.8%	1,4	-	-	-	-
kommerzielles Knoblauch-Produkt (AMN BioVit Konzentrat)	83.3%	4,7	95,9%	4,8	-	-
Knöterich-Produkt (Regalia)	72.2%	3,9	55,5%	3,1	5,6	12,2%
kommerzielles Zitrus-Produkt (ViCare)	49.6%	2,6	-	-	-	-
Süßholzextrakt	-	-	19,4%	1,6	1,7	2,0%
Koniferen-Rindenextrakt (Vie-Up)	96.4%	5,5	-	-	-	-
Testmittel I	96.5%	6,3	-	-	-	-
Testmittel F	79.0%	3,8	39,0%	2,2	7	12,8%
Testmittel B	68.9%	3,8	32,2%	1,9	2,5	3,6%
aktiviertes Wasser + Zeolith/ Clioptilolith (Desanol)	100%	6,8	-	-	-	-
Dolomit-Ton-Suspension	100%	7,0	-	-	-	-
Dolomit-Ton-Suspension + 10% Calciumhydroxid	100%	6,8	-	-	-	-
Dolomit-Ton-Suspension + 20% Calciumhydroxid	100%	7,6	-	-	-	-
Na-Phosphonat (Ceraphyt)	23.6%	1,8	-	-	-	-
kommerzielles Chitosan (Chitoplant)	73.4%	4,3	41,1%	2,1	3,3	4,7%
Neemöl + NaHCO ₃	98.5%	5,2	-	-	-	-
Ca Mg (OH) ₂	98.0%	5,4	-	-	-	-

In den Feldversuchen 2012 konnte keines der eingesetzten Alternativmittel alleine ausreichenden Schutz vor Krautfäule bieten. Befallsgrade und Erträge wichen nicht von denen der unbehandelten Kontrolle ab. Eine alternierende Anwendung von Kupferhydroxid und einem Alternativpräparat (entspr. einer Cu-Reduktion um 1/3) allerdings zeigte ähnlich gute Wirkung wie Kupfer alleine. Die Versuche 2013 blieben witterungsbedingt frei von Krautfäule, so dass keine Angaben zur möglichen Wirksamkeit der in dieser Saison getesteten Präparate gemacht werden können.

Diskussion

Ähnlich wie in anderen Studien (z.B. Krebs *et al.*, 2013) kommt nur ein Teil der im Rahmen der hier beschriebenen Versuche getesteten Alternativpräparate als potentieller Ersatz für Kupfer in Frage. So konnten nur wenige der in Laborversuchen an Einzelblättern getesteten Substanzen den Blattbefall mit *Phytophthora infestans* signifikant reduzieren. Einige dieser potentiellen Kupfer-Ersatzprodukte kommen für einen Einsatz in der Praxis jedoch aus anderen Gründen nicht in Frage: das Zitrus-Produkt wurde mittlerweile vom Markt genommen und Phosphonate scheiden aufgrund der Rückstandsproblematik derzeit für einen Einsatz im ökologischen Kartoffelanbau aus. Das Knoblauchpräparat war zwar als gebrauchsfertige Lösung (AF, mit ca. 10% Wirkstoffgehalt) gut wirksam, fiel jedoch in wirtschaftlich sinnvollen Konzentrationen (1-4%) stark ab.

Verbleibende Kandidaten waren somit die zwei pflanzlichen Testmittel, das Knöterich-Produkt, Süßholzextrakt sowie Chitosan. Diese wurden in zusätzlichen Topfversuchen entsprechend intensiver untersucht. Hierbei stellten sich insbesondere das Testmittel B, Chitosan und das Süßholzextrakt als hochwirksam heraus. Anders als in den Blattversuchen konnte hier selbst mit Kupfer zwar eine sehr deutliche Befallsminderung, jedoch keine vollständige Befallsfreiheit der Pflanzen erreicht werden. Die getesteten Ersatzprodukte waren also in diesen Versuchen dem Kupferpräparat ebenbürtig.

Die Feldversuche von 2012, die nicht auf dem letzten Kenntnisstand hinsichtlich potentieller Ersatzmittel geplant worden waren, beinhalteten noch keines der letztlich vielversprechendsten Präparate aus den Vortests, bzw. ein solches (Chitosan) in nicht ausreichender Konzentration. Keines der in diesem Feldversuch eingesetzten Mittel konnte nennenswerten Schutz vor Krautfäule bieten. Was 2012 jedoch gezeigt werden konnte, war die Möglichkeit der signifikanten Eindämmung der Krautfäule durch eine alternierende Anwendung von Kupfer und einem Alternativmittel, wie auch von Krebs *et al.* (2013) beobachtet. Dieser Ansatz sollte 2013 ebenfalls verfolgt werden (in Form einer Tankmischung von Kupfer und einem Alternativmittel), konnte jedoch nicht evaluiert werden, da in dieser Saison witterungsbedingt keine Krautfäule aufgetreten war.

So stehen Feldversuche für die aus den Blatt- und Topfpflanzentests als am wirksamsten hervorgegangenen und potentiell geeignetsten Mittel noch aus. Erst dann lässt sich beurteilen, ob und inwieweit diese zur Eindämmung von Krautfäulepidemien und so zur Reduzierung des Kupfereinsatzes unter Feldbedingungen beitragen können.

Zusammen mit weiteren ackerbaulichen und technischen Maßnahmen wie Krautreduzierung und Knollenbeizung könnten Blattbehandlungen mit alternativen Mitteln im Austausch für oder in Ergänzung zu Kupfer Teil einer Krautfäule-Behandlungsstrategie für den ökologischen Kartoffelbau sein. Im Rahmen einer solchen Strategie soll nicht nur das Ausmaß des Blattbefalls reduziert werden, sondern auch die Menge der auf die neuen Knollen gelangenden Sporen. Dieser Kontakt zwischen Knolle und Pilz führt letztlich zu den beobachteten, relativ hohen latenten Durchseuchungsgraden in Pflanzkartoffel-Chargen (Zellner *et al.*, 2011). Solche Knolleninfektionen sind der Haupt-Eintragsweg von *Phytophthora*-Inokulum ins Feld und so Ausgangspunkte für nachfolgende Krautfäule-Epidemien (Wharton *et al.*, 2012).

Danksagung

Das Projekt wird finanziert durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN, FKZ 2810 OE 071). Projektpartner der LfL sind die Technische Universität München, die Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen und der Bioland Erzeugerring.

Literaturverzeichnis

KREBS H, MUSA T, VOGELGSANG S, FORRER H-R (2013): Kupferfreie Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule im Bio-Kartoffelbau? *Agrarforschung Schweiz* 4: 238-243.

LOBATO MC, OLIVIERI FP, GONZÁLEZ ALTAMIRANDA EA, WOLSKI EA, DALEO GR, CALDIZ DO, ANDREU AB (2008): Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. *European Journal of Plant Pathology* 122, 349-358.

WHARTON, PS, KIRK WW, SCHAFER RL, TUMBALAM P (2012): Evaluation of biological seed treatments in combination with management practices for the control of seed-borne late blight in potato. *Biological Control* 63, 326-332.

ZELLNER M, KEIL S, BENKER M (2011): Latent infection rate of potato seed tubers with *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary – an underestimated problem. *Journal of Cultivated Plants* 63, 13-16.

Zitiervorschlag: Nechwatal J & Zellner M (2014): Eignung kupferfreier Blattbehandlungsmittel für die Bekämpfung der Krautfäule im ökologischen Kartoffelbau. In: Wiesinger K, Cais K & Obermaier S (Hrsg.): *Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag 2014, Tagungsband. –Schriftenreihe der LfL 2/2014*, 185-191