

Pflanzen

Suche nach Kupferalternativen gegen die Krautfäule der Kartoffel

Seraina Bassin und Hans-Rudolf Forrer, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Auskünfte: Hans-Rudolf Forrer e-mail: hans-rudolf.forrer@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 72 30

Zusammenfassung

Ab 2002 soll der Einsatz von Kupfer in der Landwirtschaft in der Europäischen Union verboten werden. Von dieser Massnahme besonders betroffen ist der biologische Kartoffelanbau, wo eine Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule meist nur mit Kupferpräparaten erfolgreich ist. Auf der Suche nach Ersatzmitteln ohne Kupfer prüften wir in einem Feldversuch 26 Mittel: Produkte aus dem Biolandbau, Pflanzenextrakte, Mikroorganismen und Mittel, welche eine Resistenz bewirken. In kleinen Parzellen von 4 m² Grösse wurden die Sorten Bintje und Agria künstlich mit *Phytophthora infestans* infiziert und dann wöchentlich mit den Spritzmitteln behandelt. Den Verlauf der Krankheit notierten wir alle zwei bis vier Tage. Es war möglich, Mittel mit 30 % Wirkung und mehr sicher festzustellen. Einzig Robus, ein Produkt auf der Basis von Natriumphosphit, und kupferhaltige Produkte erreichten diese Wirkung. Dies macht deutlich, dass enorme Anstrengungen unternommen werden müssen, um Produkte zu entwickeln, die gegen die Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln wirksam sind und im Biolandbau akzeptiert würden.¹

Eine erfolgreiche Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln *Phytophthora infestans* stellt an die Kartoffelproduzierenden immer höhere Anforderungen (Fry und Smart 1999) und ist speziell im Biolandbau das Schlüsselproblem (Tamm 2000). Mit Ausnahme von kupferhaltigen Fungiziden stehen dem Biolandbau keine wirksamen Produkte zur Verfügung. Weil aus ökologischer Sicht die Anreicherung von Kupfer in landwirtschaftlichen Böden bedenklich ist, werden in der Schweiz seit 1995 im Pflanzenschutz nur noch maximale «Kupfer-Höchsteinträge» von 4 kg/ha und Jahr toleriert (Pflanzenschutzmittelverzeichnis 2000). Um die Bodenbelastung mit nicht abbaubaren Schwermetallen zu reduzieren, will die Europäische Union (EU) den Einsatz von Kupfer in der Landwirtschaft verbieten. Gemäss EU-Verordnung 2092/91 sind in den EU-Staaten ab 1. April 2002 Kupferpräparate nicht mehr zugelassen. Danach bleibt den Bio-

bäuerinnen und -bauern, bis Ersatzprodukte zur Verfügung stehen, nur die Verwendung resistenter Kartoffelsorten. Die Bereitstellung von kupferfreien biologischen Fungiziden ist deshalb von grosser Dringlichkeit. Im Januar 2001 beginnt im Rahmen eines EU-Projekts (Blight-MOP, Blight Management in Organic Potato Production) europaweit eine ausgedehnte Suche nach einem geeigneten Präparat. Der hier beschriebene Versuch diente als Vorstudie für dieses Projekt.

Suche nach Alternativen

In einem umfangreichen Feldversuch wurden im Sommer 2000 an der FAL Zürich-Reckenholz 26 potenziell im Biolandbau einsetzbare Präparate auf ihre Wirkung gegen *P. infestans* getestet. Untersucht wurden Präparate mit einer erwiesenen oder vermuteten Wirkung gegen Pilze aus der Ordnung Peronosporales (u.a. Falscher Mehltau der Rebe, *Phytophthora* spp.). Die Mehrzahl der getesteten Präparate sind

kommerzielle biologische Pflanzenschutzmittel aus dem Wein- und Obstbau. Daneben prüften wir lebende Mikroorganismen, Pflanzenstärkungsmittel sowie Pflanzenextrakte. Ausgewählt wurden sie aufgrund von Literatur- oder Internetangaben, Anregungen des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau (FiBL) und verschiedenen europäischen Pflanzenschutzfirmen. Der Versuch hatte folgende Ziele: a) in einem Feldscreening 15 bekannte und 4 neue, in der Entwicklung stehende Produkte vergleichen; b) zwei Pilz- und fünf Pflanzenextrakte testen; c) eine Versuchsanlage mit sehr kleinen Versuchspartellen auf ihre Tauglichkeit für weitere Feldversuche prüfen.

Feldscreening mit 26 Präparaten

Im Sommer 2000 wurden auf dem Gelände der FAL 26 Produkte (Tab. 1) in insgesamt 194 Kleinparzellen zu 4 m² getestet. Jede Kleinparzelle enthielt zwei Reihen mit fünf Pflanzen der Sorten Agria (mittelanfällig) und Bintje (hochanfällig) und wurde durch die resistente Sorte Matilda von den anderen Parzellen abgegrenzt. Aus arbeitstechnischen und statistischen Gründen wurde das Versuchsfeld in vier unabhängige Teilversuche unterteilt. In jedem Teilversuch wurden acht Testpräparate sowie Wasser als Kontrolle und Funguran (50 % Kupfer) als Standard, mit je vier bis sechs Wiederholungen geprüft. Die erste Applikation erfolgte, bevor Befall festzustellen war, am 25.

¹ Die vorliegende Arbeit ist eine Vorleistung für das EU-Projekt «Development of a systems approach for the management of late blight in EU organic potato production» (QLK-2000-01065 -BLIGHT-MOP).

Tab.1. Im Feldversuch geprüfte Alternativen zu Kupferpräparaten sowie deren Inhaltsstoffe, Aufwandmengen und Bezugsquellen

Produktname, Ausgangsmaterial	Inhaltsstoffe, Organismen	Aufbereitung, Applikation	Aufwandmenge /ha /Applikation	Netz- und Haftmittel	Bezugsquelle
Funguran	50 % Kupfersulphat	*	0,9 kg	n	Omya, Oftringen
Telmion	85 % Rapsöl	*	1,3 l	–	Omya, Oftringen
Nu-Film 17	Kiefernharz	*	0,3 l	–	Biocontrol, Grossdietwil
Aminocuvire	5 % Kupfer, Proteine	*	2,69 kg	n	Segetis, Genève
PSO F0006	-	*	26,9 l	n	Omya, Oftringen
Myco Sin	Schwefelsaure Tonerde u.a.	*	11,2 kg	n	Biocontrol, Grossdietwil
PSO F9903	-	*	2,2 l	n	Omya, Oftringen
Bion	Acibenzolar-S-methyl	*	0,1 kg	n	Maag Agro, Dielsdorf
Elexa	Chitosan	*	22,4 l	n (N)	Intrachem, Cologny
Robus	Natriumphosphit	*	11,2 l	n	Stähler, Zofingen
C2000	Organische Säuren	*	1,1 l	n	Citrex Netherlands, Dronten, NL
Polyoxin	Polyoxin	*	3,4 kg	+	Omya, Oftringen
FZB 24	<i>Bacillus subtilis</i>	* giessen, spritzen	0,2 kg	+	Bayer, Münchenbuchsee
QRD 283	<i>Bacillus pumilis</i>	*	10,8 kg	n	Stähler, Zofingen
Bakterium X	-	-	-	+	FAL
Tri 003	<i>Trichoderma, Gliocladium</i>	*	0,3 kg	+	Biocontrol, Grossdietwil
Mycostop	<i>Streptomyces griseoviridis</i>	* giessen, spritzen	1,1 kg	n	Stähler, Zofingen
Bio fungus	<i>Trichoderma</i> spp.	* giessen, spritzen	2,0 kg	n	DeCuester, St. Katelijne-waver, B
Beauveria brogniartii ¹	Oosporein	Kulturfiltrat	134,7 l	+	FAL
Metarhizium ¹	diverse Enzyme	Kulturfiltrat	134,7 l	+	FAL
Malz ¹	Malz	gewaschen	4,3 kg	+	Brauerei Egger, Worb
Biofa Cocana	Kokosseife	*	13,5 kg	n	Biocontrol, Grossdietwil
Pandorra	Fenchelöl	*	5,4 l	n	Biocontrol, Grossdietwil
Spirulina	<i>Spirulina platensis</i>	–	1,3 kg	+	Naturkraftwerke, Aathal
GA14	<i>Ascophyllum nodosum</i>	*	4,0 l	n	Goëmar, Saint-Malo Cedex, F
<i>Salvia officinalis</i>	Gerbstoffe, Phenolsäuren	Alkoholauszug	10,8 l	+	Hänsele AG, Herisau
<i>Rheum rhubarbarum</i>	Oxalsäure u.a.	Wasserauszug	53,9 kg	+	–
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Gerbstoffe u.a.	Wasserauszug	84,2 kg	+	Hänsele AG, Herisau
<i>Potentilla erecta</i>	Gerbstoffe u.a.	Alkoholauszug	13,5 l	+	Zink, Bad Wurzach, D

¹ Produkte mit zwei verschiedenen Spritzintervallen (wöchentlich und halbwochentlich); * Gemäss Gebrauchsanleitung eingesetzt; n Netz- und Haftmittel enthalten (N = Nu-Film 17); + Zugabe von Telmion als Netz- und Haftmittel

Mai; danach wurde während 10 Wochen einmal wöchentlich gespritzt. Am 23. Juni wurden pro Kleinparzelle zweimal zwei mit *P. infestans* befallene Kartoffel-Teilblätter ausgebracht; die Kontrollflächen waren zu diesem Zeitpunkt noch immer befallsfrei. Ab dem 14. Juli wurde während drei Wochen alle zwei bis vier Tage der Anteil der befallenen Blattfläche in Prozent erhoben. Die Wirkung der verwendeten Substanzen wurde anhand sämtlicher Boniturwerte mit der sogenannten AUDPC-Methode analysiert. Die AUDPC (area under disease progress curve) entspricht der Fläche unter der Befallskurve beziehungsweise dem Integral aus

Epidemiedauer und den Befallswerten. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels einer ANOVA und dem Student-Newman-Keul Verfahren als Post-hoc-Test.

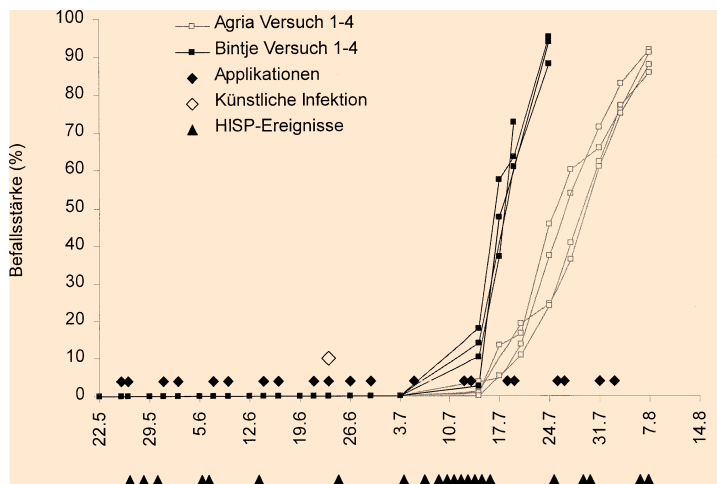
Die Zweckmässigkeit eines Feldscreenings für Bioprodukte ist aus verschiedenen Gründen umstritten. Ein wichtiger Einwand ist, dass die Befallsintensität nur schlecht unterscheidbar ist. Weil Befallsstärke und -verteilung im Feld stark variieren können, sind Wirkungen von 20 bis 30 % statistisch schwer zu sichern. Im biologischen Pflanzenschutz, wo zusätzlich andere krankheitsregulierende Massnahmen (Sortenwahl, Düngung,

optimaler Spritztermin) ergriffen werden (Diercks 1983), kann aber eine zuverlässige Wirkung von 20 bis 30 % bereits genügen. Es besteht die Befürchtung, dass im Feldscreening ein solcher Wirkstoff nicht entdeckt werden könnte. Mit der gewählten Versuchsanlage sollte verhindert werden, dass die natürliche Variation im Befall den Effekt der Spritzmittel überlagert.

Günstige Versuchsanlage

Die gewählte Versuchsanlage scheint sich aufgrund der Resultate für das Feldscreening gut zu eignen. Der Befall durch *P. infestans* trat im Versuchsfeld ausgesprochen gleichmässig auf. Dies wurde im Vergleich der Be-

Abb. 1. Befallsverlauf der Kraut- und Knollenfäule *P. infestans* in den Agria- und Bintjereihen der Kontrollparzellen. Anteil der befallenen Blattfläche in Prozenten. Zusätzlich eingetragen sind Spritztermine, Zeitpunkt der künstlichen Infektionen und Hauptinfektions- und Sporulationsperioden (HISP).



fallskurven in den Kontrollparzellen aller vier Teilversuche sichtbar (Abb. 1). Die Infektion setzte in allen vier Teilversuchen fast zeitgleich ein und hatte praktisch denselben Verlauf. Dass die erwarteten Unterschiede in der Anfälligkeit von Agria und Bintje in sämtlichen Teilversuchen gleich ausgeprägt waren, ist ein weiterer Indikator für die Eignung der gewählten Versuchsanlage. Die Befallsauswertung macht aber auch deutlich, wie rasch und heftig sich die Krankheit im Feld entwickelte. Bedingt durch die künstliche Infektion am 23. Juni und die nassfeuchte Witterung in den darauf-

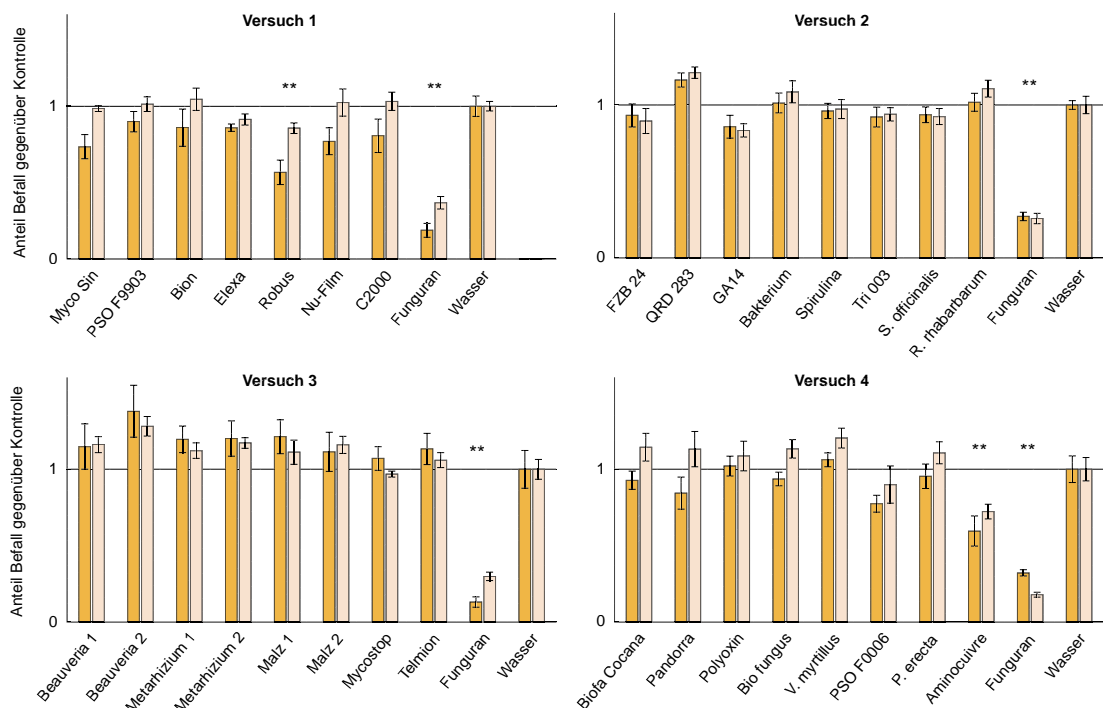
folgenden Wochen konnte sich ein sehr hoher Befallsdruck aufbauen (Abb. 1). Nur eineinhalb Wochen nach Auftreten des ersten Befalls waren die Pflanzen der Bintje-Reihen in den Kontrollparzellen vollständig abgestorben. Diese heftige Befallsentwicklung konnte möglicherweise durch schwach wirksame Präparate nicht wahrnehmbar gebremst werden. Dennoch wurde das Ziel, Wirkungsunterschiede von 20 bis 30 % zu erfassen teilweise erreicht. Über beide Sorten gerechnet konnten Präparate mit Wirkungsgraden von und über 30 % sicher festgestellt werden (Tab. 2).

Präparate im Vergleich

Auf den ersten Blick sind die Resultate des Produktvergleichs ernüchternd. Nur das kupferhaltige Standardpräparat Funguran zeigte eine starke Wirkung gegen *P. infestans* (Abb. 2). In allen vier Teilversuchen reduzierte es den Befall gegenüber der Kontrollbehandlung mit Wasser; im Mittel um 77 % bei Bintje und 72 % bei Agria. Dieser Effekt wurde trotz hohem Befallsdruck mit einer Kupfermenge von 450 g Cu/ha und Applikation erzielt. Kein anderes Präparat erreichte eine ähnlich gute Wirkung.

Dennoch lieferte das Feldscreening - im Gegensatz zu einer ähnlichen Untersuchung von Van Bol *et al.* (1993) - interessante Hinweise auf mögliche Kupferersatzprodukte. Robus mit dem Hauptwirkstoff Natriumphosphit erreichte eine Wirkung von 43 % bei Bintje und 14 % bei Agria. Phosphitsalze werden in Australien mit Erfolg gegen die Wurzel- und Stammfäule *Phytophthora cinnamomi* in Wäldern eingesetzt. Sie können über die Blätter aufgenommen werden und bewirken in der

Abb. 2. Wirkungsvergleich von Präparaten gegen die Kraut- und Knollenfäule *P. infestans* in vier Feldversuchen im Jahr 2000. Dargestellt sind die Befallswerte relativ bezogen auf die Kontrolle (Mittelwerte \pm Standardfehler, ** gesicherte Wirkung, $P < 0,01$; hellblaue Säulen: Agria, dunkelblaue Säulen: Bintje).



Tab. 2. Wirkung verschiedener potenziell im Biolandbau einsetzbarer Präparate zur Bekämpfung der Kraut- und Knollenfäule *P. infestans*

Produkt	Inhaltsstoffe	Statistik	Wirkungsgrad		Wirkungsmechanismus
			Bintje	Agria	
Funguran (Standard)	50 % Kupfersulfat	**	77 %	72 %	fungizid
Robus	Natriumphosphit	**	43 %	14 %	Resistenz induzierend, fungistatisch
Aminocuvire	5 % Kupfer Proteine	**	40 %	28 %	fungizid
PSO F0006	–	ns	23 %	10 %	fungizid?, Resistenz induzierend?
GA14	<i>Ascophyllum nodosum</i>	ns	14 %	17 %	Resistenz induzierend?
Mycosin	Schwefelsaure Tonerde, Schachtelhalmextrakt	ns	26 %	2 %	fungizid?, Schutz der Blattoberfläche?
Elexa	Chitosan	ns	14 %	9 %	Resistenz induzierend, fungistatisch

** gesicherte Wirkung, ns nicht gesicherte Wirkung, $P < 0,01$.

Pflanze eine systemisch induzierte Resistenz und eine Hemmung des Pilzes (Jackson 2000). Ähnliche Effekte wurden auch bei *P. infestans* auf Kartoffeln erzielt (Cooke und Little 1996). Aminocuvire senkte den Befall bei Bintje um 40 % und bei Agria um 28 %. Das Produkt enthält 5 % Kupfer in Form von Kupfersulfat, welches durch Aminosäuren und Peptide komplexiert und dadurch stabilisiert wird. Aminocuvire ist in Italien für den Biolandbau zugelassen. Ein vergleichbares Produkt, Cueva, ist in der Schweiz mit einer Teilwirkung gegen *P. infestans* registriert.

Vier weitere Präparate vermochten den Krankheitsbefall leicht zu senken: PSO F0006, GA14, Mycosin und Elexa bewirkten Befallsreduktionen im Bereich zwischen 10 und 26 % (Tab. 2). Wirkungen von weniger als 20 % konnten aber statistisch nicht gesichert werden. Entgegen der Erwartung wurden bei Bintje mit fast allen Präparaten höhere Wirkungsgrade als bei Agria gemessen. Als Hauptgrund für die reduzierten Wirkungsgrade bei Agria erachten wir die Häufung von Hauptinfektions- und Sporulationsperioden (HISP) (Cao *et al.* 1996) vom 8. bis 15. Juli (Abb. 1): Während bei Bintje die für die Krankheitsbekämpfung bedeut-

same Anfangsphase der Epidemie vor dieser Periode lag, trafen Epidemiebeginn und Schlechtwetterperiode bei Agria zusammen. Dies erklärt, weshalb sich bei Agria wetterbedingte Wirkstoffverluste stärker auswirkten als bei Bintje. Als weiteren Grund vermuten wir eine deutlich schlechtere Spritzmittelverteilung, verursacht durch ein sehr starkes Krautwachstum und Lagerung zwischen den Dämmen bei der Sorte Agria.

Pflanzenextrakte - eine Herausforderung

Eines unserer Hauptinteressen galt der Suche nach einem Pflanzenschutzmittel pflanzlicher Herkunft. Dafür existieren zwei grundsätzlich verschiedene Ansätze: Die chemische Industrie geht von bewährten Wirkstoffklassen beziehungsweise Wirkungsmechanismen aus und sucht in weiteren Pflanzenordnungen nach analogen Stoffen. Der zweite Ansatz folgt dem ganzheitlichen Prinzip des biologischen Landbaus und setzt die Heilpflanze und ihre Anwendung in der Humanmedizin an den Ausgangspunkt einer Untersuchung; die Inhaltsbeziehungsweise Wirkstoffe sind meist nicht bekannt. Wir entschieden uns für den zweiten Ansatz, weil laut Benner (1993) nur zwei (!) pflanzliche Inhaltsstoffe mit fungizider Wirkung bekannt sind

(Allicin aus *Allium sativum*, Capillin aus *Artemisia capillaris*). Zudem gibt es Hinweise, gemäss denen gewisse Pflanzenextrakte bei Kartoffelpflanzen eine systemische Resistenz zu induzieren vermögen (Blaeser *et al.* 1998; Meinck und Schmitt 1998). Allerdings ist die Arbeit mit einem unbekanntem Wirkstoff schwierig und beinhaltet viele Fehlerquellen. Bei jedem einzelnen Arbeitsschritt zur Gewinnung, Zubereitung und Applikation eines Stoffes stehen mehrere Methoden zur Auswahl (Benner 1993) (Abb. 3). Je mehr Verarbeitungsschritte nötig sind, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit für methodische Fehlentscheidungen. Das führt dazu, dass bei der Auswertung des Versuches nicht mehr unterschieden werden kann zwischen einem unwirksamen Wirkstoff und einer ungeeigneten Methode. Ungenügend definierte Extraktionsmethoden und fehlende Angaben zu Formulierungsstoffen dürften wichtige Gründe sein, weshalb die verwendeten Pflanzenextrakte im Gegensatz zu Berichten von Blaeser *et al.* (1998) und Meinck und Schmitt (1998) in unseren Feldversuchen keine Wirkung zeigten. Mittels umfangreicher Methodenvergleiche könnten solche Unsicherheitsfaktoren jedoch ausgeschaltet werden (Latten 1994). Die zweite unbekannt Grösse im gewählten Ansatz

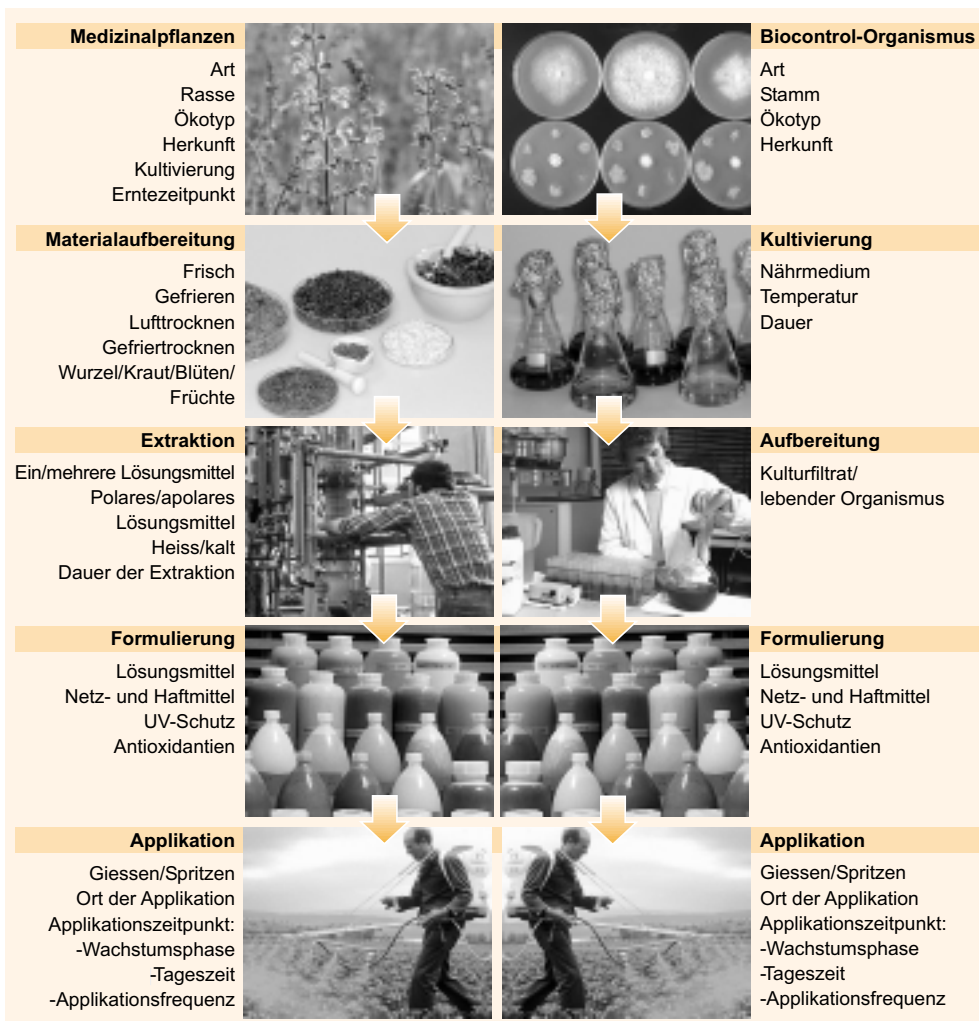


Abb. 3. Arbeitsschritte für die Entwicklung und Zubereitung von Pflanzenextrakten und Mikroorganismen-Präparaten als biologische Pflanzenschutzmittel.

ist der Wirkungsmechanismus. Kenntnisse darüber beeinflussen die Wahl der Applikationszeitpunkte massgeblich. Besonders resistenzinduzierende Stoffe sind nur dann erfolgreich, wenn sie in einer bestimmten Wachstumsphase in genau definierten Stadien oder Intervallen appliziert werden (Kessmann *et al.* 1994).

Kenntnisse über die pflanzlichen Inhaltsstoffe, ihre chemischen Eigenschaften und über den Wirkungsmechanismus vereinfachen die Suche nach dem optimalen Extraktions-, Formulierungs- und Applikationsverfahren wesentlich und verringern den Aufwand drastisch. Beispielhaft für dieses Vorgehen sind die Studien von Daayf *et al.* (1997) und Müller *et al.* (2000) zur Resistenzinduktion bei Gurken durch Extrakte des Sachalin-

Staudenknöterichs *Reynoutria sachalinensis*. Ausgehend von einem wirksamen Wasserauszug wurde in den darauffolgenden Jahren das Pflanzestärkungsmittel «Milsana» entwickelt und gleichzeitig schrittweise der Wirkungsmechanismus aufgeklärt.

Grundsätzlich bestehen für die Entwicklung alternativer Präparate nur Erfolgchancen, wenn zwischen den Institutionen (Universitäten, Forschungsanstalten usw.), die in diesem Bereich tätig sind, ein intensiver und offener Erfahrungsaustausch stattfindet. Von grosser Bedeutung ist ausserdem die Zusammenarbeit mit der chemischen Industrie, da diese meist alle Forschungsbereiche für die Entwicklung eines Pflanzenschutzmittels abdeckt.

Ausblick

Aufgrund der diesjährigen Erfahrungen und derer von Van Bol *et al.* (1993) ist anzunehmen, dass die Suche nach einem kupferfreien Pflanzenschutzmittel für den biologischen Kartoffelbau nur kleine Fortschritte machen wird. Bis zum Inkrafttreten des Kupferverbots bleibt aber sehr wenig Zeit. Diese reicht nicht für die Erforschung von Grundlagen; es besteht ein Bedürfnis nach einfachen, vielleicht befristeten Übergangslösungen.

■ Eine kurzfristige Lösung ist eventuell mit Produkten zu erreichen, welche für andere Anwendungen bereits zugelassen sind. Dort besteht die Chance innerhalb der gesetzten Zeitspanne, durch Optimierung von Formulierung und Applikation bessere Resultate zu erzielen.

■ Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Effizienz einzelner ausgewählter Pflanzenextrakte zu verbessern. Eine Analyse der Inhaltsstoffe und Definition der Wirkstoffe ist für die Optimierung von Extraktion und Formulierung in den meisten Fällen unerlässlich.

■ Weil der Zeitdruck gross ist, müssen pragmatische Lösungen ins Auge gefasst werden. So zum Beispiel der fortgesetzte Einsatz von Kupfer in reduzierter Dosierung. Deutschland hat diesen Schritt bereits in Erwägung gezogen (Jahn und Beer 1999). Ein wirksames niedrigdosiertes Kupferprodukt wie Aminocuvire oder Cueva könnte als Übergangslösung dienen.

Die Versuchsanlage mit Mikroparzellen hat sich bewährt und eignet sich für den Vergleich einer grösseren Zahl von Präparaten. In den folgenden Jahren können damit sowohl weitere Feldscreenings als auch Dosis-Wirkungsversuche oder Applikations- und Formulierungsex-

perimente durchgeführt werden. Aus oben genannten Gründen werden diese Untersuchungen in enger Zusammenarbeit mit anderen Forschungsgruppen stattfinden. Einen vollwertigen Ersatz für Kupfer wird es bis 2002 mit grosser Wahrscheinlichkeit dennoch nicht geben.

Literatur

- Benner J.P., 1993. Pesticides from Nature: Crop Protection Agents from Higher Plants - An Overview. *Pesticide Science* **39**, 95.
- Blaeser P., Steiner U. und Dehne H.-W., 1998. Fungizide Wirkstoffe aus Pflanzenextrakten. *Mitteilungen an die Biologische Bundesanstalt* **357**, 167.
- Cao K.G., Fried P.M., Ruckstuhl M. und H.R. Forrer., 1996. Ereignisorientierte Krautfäuleprognose mit PhytoPRE+2000. *Agrarforschung* **3**, 325-328.
- Cooke L.R. and Little G., 1996. Foliar Application of Phosphonate Formulations for the Control of Potato Tuber Blight. *Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases* **1**, 263-268.
- Daayf F., Schmitt A. and Bélanger R.R., 1997. Evidence of phytoalexins in cucumber leaves infected with powdery mildew following treatment with leaf extracts of *Reynoutria sachalinensis*. *Plant Physiology* **113**, 719-727.
- Diercks R., 1983 Alternativen im Landbau. Stuttgart, Ulmer. 379 S.
- Fry W.E. and Smart C.D., 1999. The return of *Phytophthora infestans*, a potato pathogen that just won't quit. *Potato Research* **42**, 279-282.
- Jackson T.J., 2000. Action of the fungicide phosphite on Eucalyptus marginata inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathology* **49**, 147-154.
- Jahn M. und Beer H., 1999. Pflanzenschutz im ökologischen Landbau - Probleme und Lösungsansätze - Zweites Fachgespräch am 5. November in Darmstadt. «Die Anwendung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel, ihre Auswirkungen auf den Naturhaushalt und Erörterung der Möglichkeiten, unerwünschte Auswirkungen zu begrenzen.» *Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **53**, 85 S.
- Kessmann H., Staub T., Ligon J., Oostendorp M. and Ryals J., 1994. Activation of systemic acquired disease resistance in plants. *European Journal of Plant Pathology* **100**, 359-369.
- Latten J., 1994. Biologische Bekämpfung phytopathogener Pilze mit Hilfe von Pflanzenextrakten. 121 S.
- Meinck S. und Schmitt A., 1998. Einfluss von alternativen Mitteln auf den Krankheitsbefall von Kartoffeln mit *Phytophthora infestans* und auf den Ertrag. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft* **52**. *Pflanzenschutztagung* **357**, 99
- Müller S., Huber J., Ullrich W. und Schmitt A., 2000. Beteiligung verschiedener Wasserstoff-Peroxidmetabolisierender Enzyme bei der Resistenzinduktion durch *Reynoutria sachalinensis* Nakai in Gurken. *Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Deutsche Pflanzenschutztagung* **376**, 411.
- Pflanzenschutzmittel, Verzeichnis, 2000. Eidgenössisches Bundesamt für Bauten und Logistik EMDZ. 380 S.
- Tamm L., 2000. The Future Challenges and Prospects in Organic Crop Protection. In: Proceedings 13th IFOAM Scientific Conference. Alföldi T., Lockeretz W. and Niggli U (ed.). 106-109.
- Van Bol V., Decamps C., Maraite H. et Peeters A., 1993. Lutte Contre *Phytophthora infestans* en Culture de Pommes de Terre. Test des Méthodes Utilisables en Agriculture Biologique. *Mededelingen van de Fac. Landbouwetenschappen* **58**, 1315-1320.

RÉSUMÉ

A la recherche de produits phytosanitaires sans cuivre contre le mildiou de la pomme de terre

A partir de 2002, les fongicides à base de cuivre seront interdits dans les pays de l'Union Européenne. Dans la production biologique de pommes de terres, ces fongicides sont actuellement les seuls efficace contre le mildiou. A la recherche de produits phytosanitaires qui pourraient remplacer le cuivre, nous avons testé 26 substances dans des essais en plein champ. Dans des petites parcelles de 4 m², les variétés Bintje et Agria ont été artificiellement infectées par le mildiou de la pomme de terre. Les produits de traitement testés (des substances employées dans la production biologique, des extraits de plantes, des micro-organismes et des produits induisant une résistance) ont été appliqués une fois par semaine. Le développement de la maladie a été examiné tous les deux à quatre jours. Nous avons été en mesure de mettre en évidence des produits dont l'efficacité était égale à 30 % et plus. Seul Robus, un produit à base de phosphite de sodium, et des produits contenant du cuivre ont atteint cette limite. Ceci confirme la nécessité de poursuivre les travaux dans le but de développer des produits contre le mildiou de la pomme de terre, qui soient acceptables dans la production biologique.

SUMMARY

Field screening of copper free fungicides against potato late blight

In 2002, copper fungicides will be banned in countries of the European Union. In organic production, copper is actually the only efficient fungicide to control late blight in potatoes. In a field screening we tested the efficacy of 26 different products, that could substitute copper. In field trials with micro-plots of 4m² the two cultivars Bintje and Agria were infected artificially. We tested commercially available products used by organic growers, plant extracts, micro-organisms and resistance inducing compounds. The products were applied in weekly intervals and the disease development was examined every two to four days. With our screening we were able to detect products with an efficacy of 30% or more. With the exception of Robus, a product based on sodium phosphite, only treatments with copper based fungicides surpassed this critical limit. Our results confirm the need of strongly enhanced activities to develop acceptable alternatives for copper in organic farming.

Key words: late blight, *Phytophthora infestans*, organic farming, copper fungicides, field screening