

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

SIMPÓSIO DE MELHORAMENTO GENÉTICO E
PREVISÃO DE EPIFITIAS EM BATATA

Dilson Antônio Bisognin
Editor

S612s Simpósio de Melhoramento Genético e Previsão de Epifitias em Batata (2006 : Santa Maria, RS).
Simpósio de melhoramento genético e previsão de epifitias em batata, Santa Maria, RS, 24 de julho de 2006. - Santa Maria : UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006.
101p. : il.

1. Agronomia – Eventos 2. Eventos - Agronomia 3. Batata – Melhoramento genético – Eventos 4. Batata - Qualidade – Eventos 5. Batata – Produção – Eventos 6. *Solanum tuberosum* I. Título.

CDU 633.491(063)
633.491-152(063)

Ficha catalográfica elaborada por
Alenir Inácio Goularte CRB-10/990
Biblioteca Central da UFSM

**Simpósio de Melhoramento Genético e Previsão
de Epifitias em Batata**

Dilson Antônio Bisognin
Editor

Para obter esta publicação:

Universidade Federal de Santa Maria

Campus Universitário - Departamento de Fitotecnia

Cep. 97.105-900, Camobi, Santa Maria, RS

Fone (055) 3220 8179 - 8357

E-mail: dilsonb@smail.ufsm.br

Também disponível no sítio do Programa de Genética
e Melhoramento de Batata em:

<http://coralx.ufsm.br/batata>

INSTITUIÇÕES EXECUTORAS

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria –
INIA do Uruguai

PATROCINADORES

Instituto Goethe da Alemanha
Universidade Federal de Santa Maria

REALIZAÇÃO

Programa de Genética e Melhoramento de Batata
da UFSM

LOCAL DO EVENTO

Anfiteatro Professor Flávio Miguel Schneider, Centro
de Ciências Rurais da UFSM.

APRESENTAÇÃO

Um dos objetivos dos Programas de Genética e Melhoramento de Batata conduzidos na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e no Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) do Uruguai é desenvolver novas cultivares resistentes a doenças e adaptadas às condições locais de cultivo. O uso de cultivares resistentes a requeima pode representar uma redução dos custos totais de produção de até 40%, por diminuir ou até dispensar o controle químico. Mesmo em cultivares medianamente resistentes, a recomendação de fungicidas com base em parâmetros do patógeno, da planta e das condições meteorológicas possibilita uma drástica e imediata redução da frequência de aplicação de fungicidas. A redução do uso de fungicidas diminui os riscos de poluição do ambiente e de intoxicação dos agricultores e consumidores. O desenvolvimento de novas cultivares associado a sistemas de produção de batata-

semente e de manejo da cultura imediatamente disponibilizarão essas novas tecnologias para os agricultores, contribuindo ainda mais para a redução dos custos e para a sustentabilidade da cadeia produtiva de batata.

O Simpósio de Melhoramento Genético e Previsão de Epifitias em Batata foi realizado para discutir os avanços científicos e tecnológicos obtidos visando o desenvolvimento de cultivares de batata resistentes a doenças e de sistemas de alertas agrometeorológicos. Especificamente, o Simpósio possibilitou i) difundir os principais resultados de pesquisas científica e tecnológica para os diferentes atores da cadeia produtiva de batata, resultados esses obtidos conjuntamente nos Programas de Melhoramento da UFSM e do INIA-Uruguai; ii) ampliar e aprofundar a discussão de estratégias de melhoramento para aumentar o nível de resistência a doenças em novas cultivares de batata; e iii) discutir estratégias para o desenvolvimento de sistemas adaptados de alertas agrometeorológicos que consideram fatores ambientais e de cultivares utilizadas no Brasil e Uruguai.

Para melhor contemplar os objetivos, estamos colocando a disposição dos participantes e demais pesquisadores, extensionistas, produtores e interessados

com a cultura da batata, um material de consulta e de fácil acesso. As informações e os conceitos apresentados são de inteira responsabilidade dos respectivos autores. Estamos certos de que as informações contidas neste material não esgotam o assunto, mas se adequadamente utilizadas podem contribuir para aumentar a sustentabilidade da cadeia produtiva da batata.

Prof. Dilson A. Bisognin, PhD.

Coordenador do Simpósio

SUMÁRIO

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE PAPA EN	
URUGUAY	1
1. Antecedentes	1
2. Producción de papa en Uruguay	3
3. Programa de mejoramiento de papa en Uruguay ...	5
4. Conclusiones y perspectivas.....	8
5. Agradecimientos	9
 DESENVOLVIMENTO DE NOVAS CULTIVARES DE	
BATATA RESISTENTES A REQUEIMA	10
1. Introdução	10
2. Identificação de fontes de resistência a requeima no germoplasma de batata.....	14
3. Estratégias para o desenvolvimento de novas cultivares de batata	17
4. Considerações finais	22
5. Referências.....	23

SISTEMA HIDROPÔNICO FECHADO COM	
SUBIRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE	
MINITUBÉRCULOS DE BATATA	26
1. Introdução	26
2. Aclimatização das plântulas	28
3. Descrição do dispositivo hidropônico.....	29
4. Solução nutritiva.....	33
4.1. Composição	33
4.2. Concentração da solução nutritiva.....	36
5. Manejo da cultura.....	37
6. Considerações finais	39
7. Referências.....	39
 VALIDACIÓN DE SISTEMAS DE PRONÓSTICO PARA EL	
MANEJO DE ENFERMEDADES EN HORTALIZAS Y	
PAPA. EXPERIENCIAS EN INIA LAS BRUJAS -	
URUGUAY	41
1. Introducción	41
2. Sistemas de pronóstico de enfermedades	44
3. Desarrollo de sistemas.....	45
4. Validación	46
4.1. Validación de sistemas en la zona Sur de	
Uruguay. Experiencias de INIA Las Brujas	47
5. Implementación.....	50

6. Perspectivas futuras.....	51
7. Referencias.....	53
Referências.....	86

<i>MANEJO INTEGRADO DEL TIZÓN TARDÍO DE LA</i>	
<i>PAPA: EXPERIENCIA EN EL CIP - PERÚ</i>	90
Referencias.....	98

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE PAPA EN URUGUAY

Francisco Luis Vilaró

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de
Las Brujas, Las Piedras, Uruguay.

E-mail:fvilaro@inia.org.uy - <http://www.inia.org.uy>

1. Antecedentes

Los países del Cono Sur (Brasil, Argentina, Chile, Uruguay) contribuyen con cerca del 50% de la producción de papa en L. America. La producción de papa en esta región ha procesado cambios relevantes en las dos últimas décadas aproximadamente. El aumento de requerimientos en la calidad del producto para consumo fresco e industrial, entre otros factores, provocaron estos cambios.

En consecuencia se ha incrementado la importancia en la producción de regiones agroclimáticas aptas para suministrar a los mercados con producto fresco a lo largo del año. Estas regiones permiten la siembra y cosecha en

un periodo prolongado al menos durante dos épocas principales. Las mismas están ubicadas alrededor de los 25 a 35° de latitud. El ciclo de cultivo se desarrolla durante 3 a 4 meses. Como contraparte, en regiones entre los 40 y 50° de latitud, se especializan en un cultivo de ciclo anual, superior a los 4 meses, priorizando destino industrial.

Esto ha generado cambios varietales y la adopción de variedades de aptitud y calidad específica para los distintos destinos. El 80 % aproximadamente de los cultivares difundidos en la producción regional son originados en el hemisferio norte. Por lo general las de mejor aptitud industrial se originan en Norteamérica y para fresco de Europa (Holanda). La mayoría de estas variedades son susceptibles a las principales enfermedades y poco adaptadas a algunas situaciones productivas, como el doble cultivo anual. La tecnología de cultivo asociada se basa en aporte creciente de insumos (agroquímicos, fertilizantes) sin embargo el potencial de rendimiento no se alcanza por lo común.

Los programas de mejoramiento de papa en la región han debido adaptar sus objetivos en desarrollo varietal a esta realidad. Hay interés por precocidad de cosecha, adaptación al cultivo en situaciones contrastantes de temperatura, fotoperíodo y dormancia corta, además de

resistencia a enfermedades y calidad para diversos destinos.

Por otra parte, actualmente se visualiza en los países del hemisferio norte el incremento de una demanda más diversificada y exigente, en especial para consumo directo. Esto podrá reflejarse en nuevas demandas para tener en cuenta a nivel regional

2. Producción de papa en Uruguay

Se cultivan alrededor de 9.000 hás por año. La plantación es posible durante prácticamente 8 meses y la cosecha es prácticamente continua. Esta plantación se concentra en dos épocas principales: otoño (febrero) y primavera (setiembre-octubre), representando alrededor del 60% y 40 % de la producción anual, respectivamente. Por lo general las variedades tardías se comportan mejor en otoño y las precoces en primavera.

Un tercio del área anual utiliza semilla importada. En general esta semilla se destina para dos siembras consecutivas (otoño-primavera). Una parte de esta segunda siembra se alcanza almacenando semilla en cámaras refrigeradas, salteando una estación de siembra (otoño-otoño). Este esquema productivo predominante, es

denominado de 3 cultivos en 2 años y es el principal en la región sur. Una menor proporción del cultivo se desarrolla en la región este durante el verano, en un ciclo anual. Por último, con mayor importancia relativa en la zona norte, también se desarrolla un esquema continuo de 4 cultivos en dos años. Este sistema productivo tiene similitud con el predominante en Rio Grande do Sul.

Del total, 75% del área utiliza variedades de piel roja, Chieftain en forma mayoritaria, Norland y Red Pontiac. El resto comprende variedades con aptitud para fritura (Kennebec y Atlantic 10%) y de piel blanca (INIA Iporá 10%) y cremas (Holanda 5 %). Los principales problemas sanitarios son tizones y virus, tardío predominante en otoño y temprano en primavera. La principal virosis es ocasionada por PVY. En el caso de tizón tardío y PVY se ha demostrado la diseminación de nuevas razas más agresivas mediante la introducción de semilla del exterior. Estos limitan los rendimientos, aumentan los costos de cultivo y obligan a la renovación anual de la semilla.

En condiciones controladas se alcanzan rendimientos comerciales de 40 a 50 ton/ha. La restricción en disponibilidad hídrica y el retraso en alcanzar adecuada cobertura foliar son las principales causas de la menor producción obtenida (15 a 20 ton/ha). El estado de

brotación inadecuado explica la demora en la emergencia de los cultivos. La mayoría de las variedades disponibles tienen un período de dormancia relativamente largo para las condiciones agroclimáticas prevalentes. Por otra parte encarece la multiplicación del cultivo con destino a semilla, obligando a un cultivo anual y la utilización de cámaras refrigeradas.

3. Programa de mejoramiento de papa en Uruguay

Se inicia en 1983 con la introducción de progenies a partir del CIP y desde 1987 complementan cruzamientos locales. Estos cruzamientos involucran al menos un progenitor con selecciones de esas introducciones, bajo un esquema de selección recurrente. La selección se realiza en condiciones favorables para la expresión de resistencia a virus y tizones, incluyendo al inicio, tamizado para virus a nivel de plántulas.

Progenitores seleccionados en condiciones de día corto en Perú demostraron poca adaptación. Aquellos originados en el hemisferio norte muestran mejor comportamiento. Germoplasma de algunos programas como Maine, Cornell, Europa del Este y regionales (Argentina, Chile) permitieron combinar cierta adaptación a

condiciones agroecológicas y resistencia a enfermedades, en particular a virus. Ese germoplasma fue desarrollado con el aporte de varias especies silvestres que aportaron factores de resistencia, en particular para virus.

Los objetivos de selección son resistencia a virus y tizones. Desde el punto de vista productivo se enfoca a cultivares de tuberización precoz y dormancia relativamente corta. Se entiende que genotipos de follaje tardío y tuberización precoz se comportan en forma más estable en el doble ciclo anual. Además, estos tienden a presentar mejor comportamiento respecto a tizones y en forma más estable (resistencia poligénica). A partir de mediados de la década del 90 se prefieren variedades de piel rojiza o con buena aptitud para fritura (chips y bastones), reflejando la demanda comercial predominante.

Actualmente se dispone de un germoplasma adaptado y con buen nivel de resistencia a enfermedades. Para resistencia a PVY se ha demostrado mediante la adaptación de ciertos marcadores moleculares, la incorporación del gen para inmunidad R_{yadg} y en menor proporción R_{ysto} en varios clones mejorados. Esta metodología permite seleccionar progenitores que transmitirán la resistencia al 50% de la progenie. Se plantan 50 a 70 cruces por año con alrededor de 30.000

individuos para primer selección. Estas familias se destinan a dos esquemas de selección en distintas épocas.

En otoño se inicia el proceso en el sur, orientado sobretudo a variedades con aptitud para fritura, en un esquema de multiplicación de 3 cultivos en dos años. Predominan variedades semiprecoces y de dormancia media. En primavera por su parte, se planta en el norte, con énfasis en variedades de piel roja, para un esquema de 4 cultivos en dos años. Predominan variedades precoces de dormancia corta. La cosecha anticipada en primavera a los 90 días de plantación, permite realizar presión de selección para tuberización precoz.

Desde el cuarto ciclo de selección los clones más promisorios son introducidos in-vitro y se comienza el proceso de producción de semilla para evaluación comercial en las distintas zonas. Existen convenios para facilitar esta etapa con la asociación de productores (Ansepa) y a nivel regional con UFSM.

Se han liberado dos cultivares de dormancia corta por el Programa, adaptados al esquema de 4 cultivos en 2 años. INIA-Iporá, de piel blanca, semiprecoz, resistente a virus y tolerante a tizones y más recientemente INIA-Yaguarí, precoz, de piel rojiza y tolerante a tizones y virus.

Ambos cultivares han demostrado alto potencial de rendimiento en las épocas principales de siembra, en particular Iporá en otoño y Yaguarí en primavera. Se cuenta con otros clones en selección avanzada, con diferentes características.

4. Conclusiones y perspectivas

La resistencia a virus y adaptación a esquemas de multiplicación intensiva (4 cultivos en 2 años) facilitan la producción de papa y en particular de semilla. La participación de los productores en el acuerdo con Ansepa permite acelerar la evaluación de genotipos promisorios. El convenio con UFSM podría demostrar la adaptación de ciertos genotipos a un ámbito regional, caracterizado por dos cultivos al año.

Los cruzamientos entre clones avanzados del programa permiten obtener familias de mejor comportamiento relativo. Susceptibilidad a sarna común, calidad de piel e intensidad de color rojo han demorado la difusión de algunos genotipos de buena performance. En los últimos años se pone énfasis en estos aspectos de calidad. También se deberá evaluar aptitud para uso industrial en etapas más tempranas, para avanzar más

rápido en el desarrollo de progenitores con esta característica.

Por último, se alcanzaron resultados alentadores en la ampliación de la variabilidad genética y resistencia a marchitez bacteriana. Se obtuvieron cruces interespecíficos de *S. commersonii*, resistentes, con clones del grupo Phureja, seleccionados para condiciones locales. En ensayos controlados se pudieron identificar clones resistentes que podrían incorporarse al Programa mediante duplicación iniciada.

5. Agradecimientos

A los investigadores del INIA G. Pereira, G. Rodríguez, M. Dalla Rizza, D. Maeso y M. Gonzalez por sus contribuciones y trabajos conjuntos en el Programa de Mejoramiento de Papa.

DESENVOLVIMENTO DE NOVAS CULTIVARES DE BATATA RESISTENTES A REQUEIMA

Dilson Antônio Bisognin

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de
Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.
E-mail: dilsonb@smail.ufsm.br - <http://coralx.ufsm.br/batata>

1. Introdução

A batata (*Solanum tuberosum*) é o quarto cultivo em importância no mundo depois do trigo, milho e arroz, com uma produção média dos últimos cinco anos acima de 320 bilhões de toneladas por ano. A América do Sul produz cerca de 4% do total mundial, sendo que Brasil, Argentina, Colômbia e Peru são responsáveis por 80% desta produção (FAO, 2005). No Brasil, a batata é a hortaliça de maior importância econômica, com uma área cultivada de aproximadamente 150 mil ha e uma produção média dos últimos cinco anos de mais de 2,9 bilhões de toneladas e uma produtividade média de 19,3 t ha⁻¹ (FAO, 2005). Os

principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (RS), responsáveis por mais de 90% da produção nacional (IBGE, 2004).

A grande dependência de cultivares estrangeiras, na maioria européias, é um fator que explica os baixos rendimentos obtidos na região sul do Brasil. A maioria das cultivares nacionais são adaptadas as condições ecológicas e tecnológicas da região, porém apresentam características que limitam a aceitação no mercado nacional de batatas, como a baixa qualidade de tubérculo para a indústria de processamento. No entanto, as cultivares estrangeiras que apresentam características de qualidade de tubérculo, são pouco adaptadas às diferentes regiões de cultivo, resultando em um custo de produção mais elevado, pois são suscetíveis às principais doenças como a requeima (*Phytophthora infestans*) e pinta-preta (*Alternaria solani*). Assim, para atingir altos e estáveis rendimentos, altas doses de fertilizantes e várias aplicações de defensivos são necessárias. Além disso, as cultivares estrangeiras geralmente apresentam longo período de dormência, o que impossibilita ou dificulta a realização de duas safras anuais.

A principal e mais devastadora doença da cultura da batata, tanto no Brasil quanto no mundo, é a requeima. As

epidemias resultam da rápida multiplicação do patógeno em tecidos vivos da planta, pois pode completar o ciclo em menos de cinco dias em cultivares suscetíveis, e da fácil disseminação. Tubérculos infectados apodrecem durante o armazenamento ou, se usados como batata-semente, são fonte de inóculo primário para a próxima safra (Fry & Goodwin, 1997). A suscetibilidade das cultivares a requeima requer que os bataticultores utilizem, em média, de seis a nove aplicações de fungicidas combinados, visando manter a cultura sem o risco de epidemia. No Brasil, não se conhece nenhuma cultivar de batata que apresente suficiente nível de resistência a requeima.

O uso de cultivares resistentes é mais importante e o único método viável para o controle de requeima. Existem dois tipos de resistência genética, a vertical e a horizontal. A resistência vertical (específica), conferida por genes maiores de resistência (R-genes), é efetiva para a uma ou poucas raças do patógeno. A resistência horizontal (parcial, geral ou de campo), conferida por genes menores de resistência, é efetiva a várias raças, pode ser expressa em diferentes estádios do ciclo de desenvolvimento do patógeno, desde a infecção até a reprodução, e parece ser o único tipo durável de resistência a requeima (Kamoun et al., 1999). O efetivo melhoramento depende do

mapeamento dos locos de caracteres quantitativos (QTL) associados a resistência a requeima e que sejam independentes de outros caracteres indesejáveis em novas cultivares, como a maturidade tardia (Bisognin et al., 2005).

A grande importância da cultura da batata justifica a ampliação de pesquisas em melhoramento genético, principalmente para o desenvolvimento de cultivares destinadas ao processamento, cujo mercado está em plena expansão no Brasil. Para o melhoramento, deve-se ampliar a base genética da batata através da incorporação de alelos oriundos de espécies silvestres (na maioria diplóides) ou de outros clones introduzidos na batata cultivada (Bisognin & Douches, 2002a). Portanto, o desenvolvimento de cultivares, altamente adaptadas as condições sul-brasileiras de cultivo, com alta qualidade de tubérculo e resistentes a requeima, é primordial para reduzir a grande dependência da cultura da batata e minimizar o uso de agrotóxicos, o que aumentará a lucratividade dos produtores e a qualidade do produto final. Isso associado a um sistema integrado de produção de batata-semente imediatamente disponibilizará estas novas tecnologias para o setor produtivo, contribuindo ainda mais para a redução dos custos e para a sustentabilidade dos sistemas de produção utilizados na região sul do Brasil.

O objetivo é discutir estratégias para a identificação de diferentes fontes de resistência a requeima no germoplasma e para a utilização no desenvolvimento de novas cultivares de batata, altamente resistentes a requeima e de alta qualidade para processamento industrial.

2. Identificação de fontes de resistência a requeima no germoplasma de batata

O germoplasma de batata é, provavelmente, o mais diverso entre todas as espécies cultivadas de plantas. As espécies silvestres e cultivadas de batata pertencem ao gênero *Solanum*. São reconhecidas 225 espécies silvestres e sete espécies cultivadas de batata, que incluem diplóides ($2n = 24$), triplóides ($2n = 36$), tetraplóides ($2n = 48$), pentaplóide ($2n = 60$) e hexaplóides ($2n = 72$). Do total da diversidade genética catalogada pertencente ao germoplasma de batata, mais de 70% são espécies diplóides. As espécies cultivadas são duas diplóides, duas triplóides, duas tetraplóides e uma pentaplóide. A tetraplóide *S. tuberosum* é a espécie cultivada mais importante, tendo duas sub-espécies. *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* tem adaptação para dias longos e é

cultivada em regiões de climas tropicais e sub-tropicais do mundo. *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* tem adaptação para dias curtos e seu cultivo está restrito a região dos Andes da América do Sul (Bradschaw e Mackay, 1994).

A grande diversidade disponível no germoplasma de batata somente pode ser utilizada se adequadamente avaliado e identificados os clones com as características desejadas. Uma etapa importante é a identificação das espécies que apresentam a maior proporção de clones desejáveis, para a posterior seleção clonal. Nesta etapa foram avaliados clones de quatro espécies mexicanas, cinco espécies sul americanas e nove híbridos de espécies silvestres (Douches et al., 2001). As espécies mexicanas, oriundas do centro de origem da requeima, apresentaram menor índice médio de severidade da doença. No entanto, as espécies sul americanas e os híbridos, mais facilmente utilizáveis no melhoramento, segregaram para resistência a requeima. Foram identificados 176 clones, dos 546 avaliados no primeiro ano, com altos níveis de resistência a requeima. Após mais um ano de avaliação, foram selecionados 56 clones para serem utilizados no programa de melhoramento, dos quais aproximadamente 50% representam apenas três acessos de *S. microdontum*.

A escolha dos genitores é uma etapa extremamente importante para o melhoramento genético de batata, pois clones superiores identificados na progênie podem ser indefinidamente propagados via assexuada. O aumento da variabilidade genética entre cultivares de batata e, principalmente da resistência a requeima, é fundamental para ampliar a base genética do germoplasma cultivado. Uma estratégia é a utilização de fontes diversas de resistência a requeima e, quando possível, de espécies silvestres distintas. A variabilidade genética, acessada neste caso por marcadores moleculares, mostrou que existe grande diversidade mesmo na espécie *S. microdontum* (Bisognin e Douches, 2002a). No germoplasma tetraplóide, a espécie *S. sucrense* também apresenta grande diversidade em relação aos híbridos de espécies silvestres e as cultivares. Desta forma, o germoplasma identificado pode ser utilizado para ampliar a base genética e aumentar o nível e a durabilidade da resistência a requeima em novas cultivares de batata.

Para facilitar a introgressão da resistência a requeima disponível no germoplasma diplóide é necessário mapear os QTLs associados. Um clone de *S. microdontum* foi então selecionado pela segregação da alta resistência a requeima observada na progênie. Um QTL ligado a um

marcador de microssatélite, que responde por mais de 60% da variação fenotípica da resistência, foi identificado na mesma posição em dois anos de avaliação em campo. O QTL não está associado a maturidade e pode ser usado na introgressão de uma nova fonte de resistência a requeima para o germoplasma cultivado de batata (Bisognin et al., 2005).

3. Estratégias para o desenvolvimento de novas cultivares de batata

A diversidade genética no gênero *Solanum* pode ser explorada nos programas de melhoramento de forma a ampliar a base genética da batata e combinar diferentes fontes de resistência. Teoricamente, todos os clones identificados podem ser utilizados no programa de melhoramento. A utilização de espécies silvestres requer um pré-melhoramento para incorporar adaptação e eliminar caracteres altamente indesejáveis, como a não formação de tubérculos, através de cruzamentos com clones adaptados. Os clones selecionados na progênie podem ser utilizados como genitores para um novo ciclo de seleção recorrente, para aumentar a proporção do germoplasma cultivado nos híbridos.

No caso de clones diplóides, os mesmos são cruzados com dihaplóides de clones de batata cultivada (Figura 1). Os dihaplóides são obtidos através partenogênese, pelo cruzamento com clones específicos de *S. phureja*, ou através de cultura de antera. Os híbridos entre dihaplóides e espécies silvestres devem ser novamente cruzados com clones adaptados para aumentar a proporção do germoplasma cultivado (oriundo dos dihaplóides) nos híbridos. As progênes são então selecionadas para as características de interesse e também para a produção de gametas não reduzidos (gametas $2n$). Os clones selecionados podem ser cruzados com clones tetraplóides (cruzamentos $4x - 2x$), denominado de poliploidização unilateral, ou com outros diplóides que também produzem gametas $2n$ (cruzamentos $2x - 2x$), denominado de poliploidização bilateral. Os novos híbridos formados são tetraplóides e podem ser diretamente utilizados como genitores em programas de melhoramento. Se a resistência a requeima estiver mapeada, como é o caso de *S. microdontum* (Bisognin et al., 2005), todo o processo de pré-melhoramento, poliploidização e melhoramento podem ser assistidos pelo marcador de microsatélite.

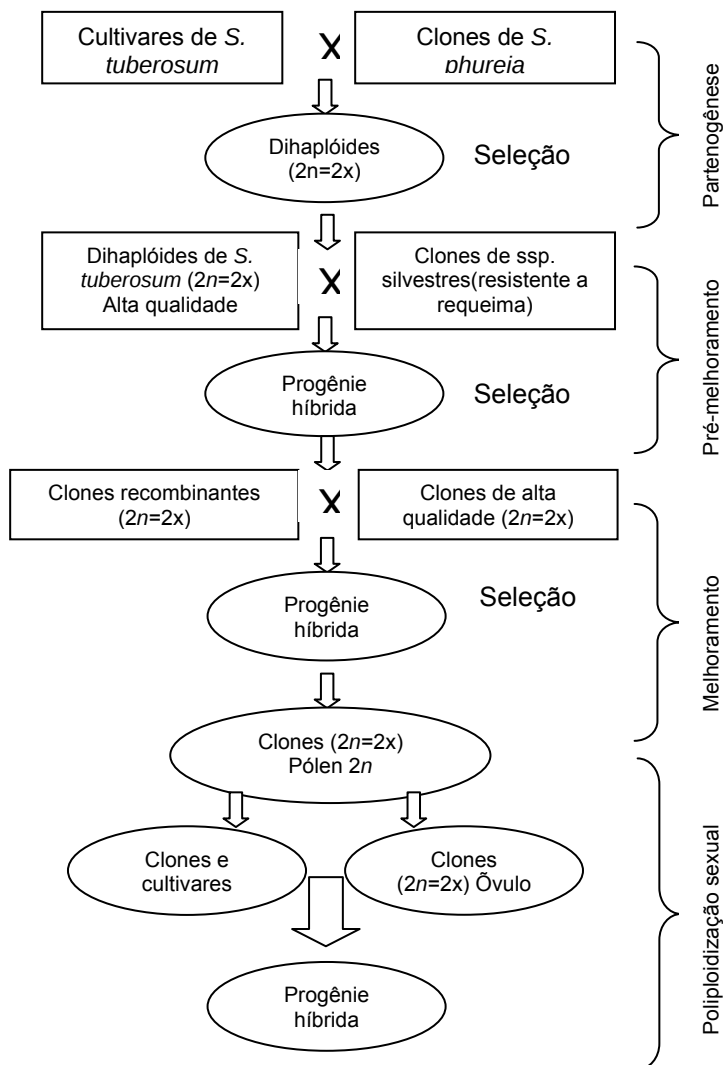


Figura 1 – Esquema para a introgressão de resistência a requeima de espécies diplóides para o germoplasma cultivado de batata.

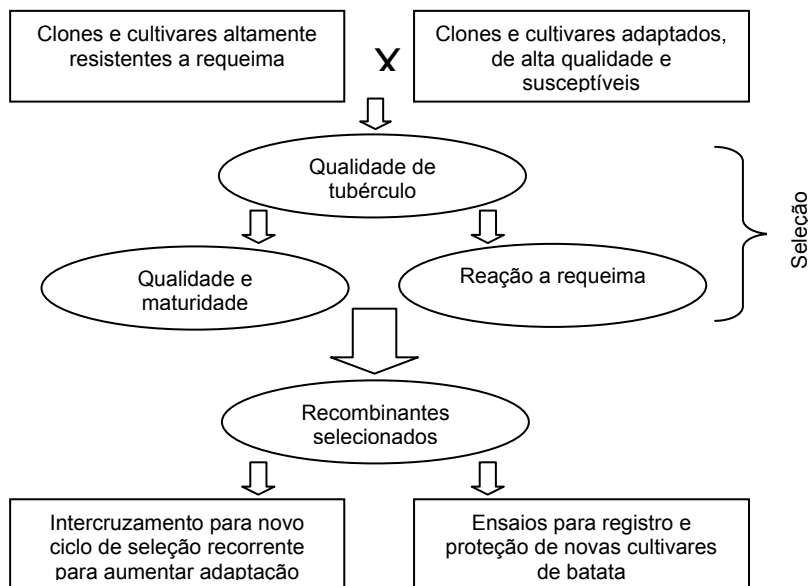


Figura 2 – Esquema para o desenvolvimento de novas cultivares de batata resistentes a requeima e de alta qualidade de processamento.

Os clones resistentes a requeima pertencentes ao germoplasma tetraplóide são diretamente cruzados com clones adaptados e de alta qualidade de tubérculo (Figura 2). Dentre os clones resistentes, alguns transmitem a resistência a uma alta percentagem da progênie, como a cultivar Tollocan (Bisognin et al., 2002). Neste caso, a progênie deve ser então selecionada para qualidade de tubérculo e maturidade antes de acessar a reação a

requeima. Esta estratégia se justifica pelo fato de que a aceitação de novas cultivares pelos produtores se deve a qualidade de tubérculo e não a resistência a requeima. A resposta esperada mostrou que a seleção, mesmo para coloração de chips, pode ser efetuada de forma moderada em parcelas de cova única (Bisognin e Douches, 2002b). Esta estratégia possibilita uma redução drástica do número de clones a serem avaliados em parcelas de oito covas. Clones selecionados que combinam resistência a requeima, com maturidade precoce e alta qualidade de tubérculos podem ser utilizados como parentais no programa de melhoramento, em cruzamentos com clones e/ou cultivares bem adaptados, ou seguir o processo de avaliação para registro e proteção de novas cultivares.

A seleção é facilitada quando o objetivo é combinar resistência a requeima com maturidade e qualidade de tubérculo. Nesse caso, a seleção pode ser efetuada primeiro para qualidade e, em um reduzido número de clones, determinar a reação a requeima. No entanto, o mapeamento genético e a identificação de QTLs associados com a resistência à requeima é necessário quando a finalidade é combinar resistência oriunda de diferentes fontes. A seleção assistida por marcadores moleculares é possível somente para poucas fontes de

resistência, porém permite aumentar o nível e a durabilidade da resistência à requeima, além de ampliar a base genética da batata. A utilização de seleção assistida por marcadores para qualidade de tubérculo e maturidade, possibilita a seleção de populações segregantes muito maiores do que quando utilizada a seleção fenotípica, o que mantém alta variabilidade para a seleção de outros caracteres importantes.

4. Considerações finais

O desenvolvimento de novas cultivares altamente adaptadas as condições brasileiras de cultivo, com alta qualidade de tubérculo e resistentes a requeima, é primordial para reduzir a grande dependência da cultura da batata e minimizar o uso de agrotóxicos, o que aumentará a lucratividade dos produtores e a qualidade do produto final. A diversidade genética disponível no gênero *Solanum* pode ser explorada nos programas de melhoramento de forma a ampliar a base genética da batata e combinar diferentes fontes de resistência. Clones resistentes a requeima, com maturidade precoce e alta qualidade de tubérculos podem ser então identificados para serem genitores de cruzamentos com clones e/ou cultivares bem

adaptados em um novo ciclo de seleção recorrente. A avaliação das progênies permite estudar a herança de características quantitativas e identificar clones recombinantes com maior proporção de germoplasma adaptado. Clones recombinantes na progênie podem, então, ser cruzados com clones superiores de outros cruzamentos ou também com cultivares que apresentem características de interesse, para combinar diferentes fontes, para aumentar o nível e a durabilidade da resistência a requeima em novas cultivares de batata. Os clones avançados são avaliados em ensaios para o registro e proteção de novas cultivares. O desenvolvimento de novas cultivares associado a um sistema integrado de produção de batata-semente imediatamente disponibilizará estas novas tecnologias para o setor produtivo, contribuindo ainda mais para a redução dos custos e para a sustentabilidade da cadeia produtiva de batata no Brasil.

5. Referências

BISOGNIN, D.A.; DOUCHES, D.S.; BUSZKA, L.; BRYAN, G.; WANG, D. et al. Mapping late blight resistance in *Solanum microdontum* Bitter. **Crop Science**, v. 45, p. 341-345, 2005.

- BISOGNIN, D.A.; DOUCHES, D.S. Genetic diversity in diploid and tetraploid late blight resistant potato germplasm. **HortScience**, v. 37, p. 178-183, 2002a.
- BISOGNIN, D.A.; DOUCHES, D.S. Early generation selection for potato tuber quality in progeny of late blight resistant parents. **Euphytica**, v. 127, p. 1-9, 2002b.
- BISOGNIN, D.A.; DOUCHES, D.S.; JASTRZEBSKI, B.A.; KIRK, W.W. Identification and selection of potatoes resistant to the US8 genotype of *Phytophthora infestans* from crosses between resistant and susceptible clones. **Euphytica**, v. 125, p. 129-138, 2002.
- BRADSHAW, J.E.; MACKAY, G.R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. In: BRADSHAW, J.E., MACKAY, G.R. **Potato Genetics**. Cambridge: CAB International. p. 467-497. 552 p. 1994.
- DOUCHES, D.S.; BAMBERG, J.B.; KIRK, W.W.; JASTRZEBSKI, B.A.; NIEMIRA, B.A.; COOMBS, J.; BISOGNIN, D.A.; WALTERS-FELCHER, K. Evaluation of wild *Solanum* species for resistance to the US8 genotype of *Phytophthora infestans* utilizing a fine-screening technique. **American Journal of Potato Research**, v. 78, p. 159-165, 2001.

- FAO. FAOSTAT data, 2005. Last updated in February 2005. Capturado em 25 jul. 2005. Disponível em <http://faostat.fao.org/faostat>.
- FRY, W. E.; GOODWIN, S.B. Re-emergence of potato and tomato late blight in the United States. **Plant Disease**, v. 81, n. 12, p. 1349-1357, 1997.
- IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola, confronto das safras de 2003 e das estimativas para 2004. Capturado em 15 abr. 2004. On line. Disponível na Internet <http://www.ibge.gov.br>.
- KAMOUN, S.; HUITEMA, E.; VLEESHOUWERS, V.G.A.A. Resistance to oomycetes: a general role for the hypersensitive response? **Trends in Plant Science**, v. 4, n. 5, p. 196-200, 1999.

SISTEMA HIDROPÔNICO FECHADO COM SUBIRRIGAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE MINITUBÉRCULOS DE BATATA

Jerônimo Luiz Andriolo

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de
Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.
E-mail:andriolo@smail.ufsm.br-http://coralx.ufsm.br/batata

1. Introdução

Dentre os Estados brasileiros produtores, o Rio Grande do Sul representa 9,4% da produção nacional, com uma produtividade média de apenas 11,4t ha⁻¹, muito abaixo do potencial produtivo da cultura, que está em torno de 85t ha⁻¹. Isto se deve principalmente ao emprego de batata semente de baixa qualidade, produzida pelos próprios produtores (IBGE, 2006). A baixa qualidade da semente é um dos principais entraves da cadeia produtiva da batata no Brasil, pois não há disponibilidade de batata-semente de boa qualidade e a preços acessíveis. Em

consequência, é comum o emprego de material contaminado com bactérias e vírus.

Segundo a Associação Nacional da Batata, na safra 2002-2003, foram importadas cerca de 2700 toneladas de tubérculo-semente, principalmente da Holanda (52,5%), Canadá (21,94%) e Chile (21,49%). Além de aumentar o custo de produção da cultura, as importações podem favorecer o surgimento de doenças que ainda não ocorrem nas áreas brasileiras, além de não serem suficientes para atender a demanda. Assim, evidencia-se a importância de buscar métodos de produção de batata-semente de alta qualidade fisiológica e fitossanitária, evitando ou reduzindo a necessidade de importação desse insumo.

A produção de batata-semente inicia-se pela cultura de tecidos, seguida por uma ou mais etapas de propagação ex-vitro para a produção e multiplicação de tubérculos. Nessas etapas devem ser empregados sistemas hidropônicos de produção, a fim de preservar a sanidade e obter elevada taxa de multiplicação. Encontram-se na literatura sistemas hidropônicos para a multiplicação de batata-semente através do princípio da solução nutritiva circulante (NFT) (rolot & seutin, 1999; Medeiros, 2003) e da aeroponia (Farran & Mingo-Castel, 2006). Embora eficientes, esses sistemas envolvem

estrutura e funcionamento complexos, emprego intensivo de bombas e elevado grau de risco de perdas de material vegetal por falhas de funcionamento do dispositivo.

O objetivo deste trabalho é descrever um sistema hidropônico que foi desenvolvido com base em estrutura física e funcionamento simplificados, com baixo consumo de energia elétrica e reduzido risco de perdas de material de propagação.

2. Aclimatização das plântulas

A primeira etapa na multiplicação de batata-semente consiste no plantio do material que foi produzido *in vitro*. Essa etapa é a passagem da fase denominada heterotrófica, que ocorre no laboratório, para a fase autotrófica, no telado. Na primeira, as plântulas recebem artificialmente tanto o carbono quanto a água e os nutrientes minerais necessários para o crescimento. Na fase autotrófica, o carbono deve provir da fixação do CO₂ atmosférico, através da fotossíntese, e a água e os nutrientes devem ser absorvidos pelas raízes.

A aclimatização é feita no interior de bandejas plásticas, sobre bancadas no interior do telado, pelo método de flutuação. As plântulas são enroladas em fitas

de espuma de poliuretano, formando feixes. Os feixes são acondicionados em orifícios de 20 mm de diâmetro, feitos em uma placa de poliestireno expandido de 15 mm de espessura. A solução nutritiva é fornecida diretamente na bandeja até uma altura em torno de 5 cm, sobre a qual é colocada a placa de poliestireno contendo as plântulas. A placa flutua sobre a solução nutritiva por um período de 7 a 10 dias, até ocorrer o crescimento do sistema radicular das plântulas. Após esse período, as plântulas são retiradas das badejas e plantadas no dispositivo hidropônico de produção. A solução nutritiva empregada nessa fase é a mesma da fase seguinte de produção de minitubérculos (Tabelas 2 e 3). Não há necessidade de controlar o pH e a condutividade elétrica (CE) da solução nessa fase. Basta completar os volumes de solução nutritiva que são consumidos nas bandejas.

3. Descrição do dispositivo hidropônico

A unidade básica do dispositivo é formada por duas telhas de fibrocimento com 3,60 m de comprimento e 1,10 m de largura, com canais de 0,06 m de altura e 0,18 m de distância (Figura 1).

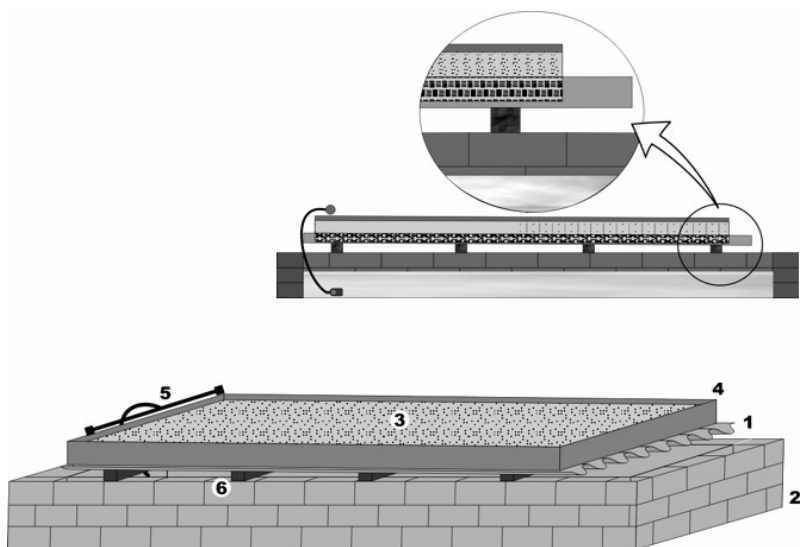


Figura 1 - Diagrama esquemático do sistema hidropônico fechado com subirrigação para produção de minitubérculos de batata. Santa Maria, UFSM, 2006. (1: Telha de fibrocimento; 2: suporte de alvenaria; 3: leito de cultivo; 4: ripões laterais; 5: tubo de distribuição da solução nutritiva; 6: reservatório de solução nutritiva).

A telha (1) fica apoiada sobre paredes de alvenaria (2) com 0,35 m de altura do solo e declividade de 1%. A superfície interna das paredes de alvenaria é impermeabilizada com filme transparente de polietileno de baixa densidade de 100 μm , formando o reservatório para

estocagem da solução nutritiva. A superfície da telha é revestida com o mesmo filme de polietileno empregado no reservatório. Sobre esse filme, é colocada no interior de cada canal da telha uma camada entre 0,015 m e 0,02 m de brita basáltica média empregada na construção civil, com tamanho de partículas entre 0,015 m e 0,020 m. Uma tela com malha de $1,5 \times 10^{-3}$ m é colocada sobre a camada de brita. Uma camada de 0,05 a 0,10 m de areia grossa usada na construção civil, com granulometria entre 0,001 m e 0,003 m, é distribuída sobre a tela, como leito de cultivo (3), delimitado lateralmente por ripões de madeira (4). A densidade aparente e o volume máximo de água retida pela areia média são de 1,6 kg dm³ e de 0,111 L dm³, respectivamente. O volume de solução nutritiva retida na unidade básica, quando a areia atinge a capacidade máxima de retenção é de aproximadamente 335 L. A superfície do substrato é revestida com filme de polietileno de dupla face branca e preta, para evitar a incidência direta dos raios solares na superfície do substrato e reduzir a perda de água por evaporação. O plantio é feito através de orifícios feitos através de dois cortes ortogonais de 3 cm de comprimento no filme de polietileno.

Uma bomba submersa (bomba de aquário, 8W) com vazão de 520 L h^{-1} é empregada para conduzir a solução nutritiva de cada reservatório até a extremidade mais alta do leito de cultivo. A solução é distribuída na largura da telha, através de um tubo transversal de PVC de 2,5 cm de diâmetro, perfurado a intervalos de 10 cm (5). A solução nutritiva é estocada no reservatório formado embaixo do leito de cultivo (6), de onde flui e escorre através da brita no interior das calhas da telha, umedecendo a camada de substrato por subirrigação. O número de fertirrigações diárias é determinado de acordo com a época do ano e a fase de desenvolvimento da cultura, variando de uma fertirrigação logo após o plantio até um máximo de quatro nas fases finais do ciclo nos meses de primavera-verão, com duração de 15 min cada uma. Nenhuma fertirrigação é feita no período noturno. Nesse regime, o consumo diário máximo de energia elétrica para funcionamento da bomba é de 0,48 KWh, com custo de R\$ 0,22. O pH e a CE devem ser medidos pelo menos duas vezes por semana. As eventuais correções são feitas diretamente no reservatório localizado embaixo do leito de cultivo. O investimento inicial para a instalação de uma unidade básica do dispositivo hidropônico, com 8 m^2 de leito de cultivo, é de aproximadamente R\$ 64,13,

representando um custo anual de R\$ 9,28 por m² (Tabela 1).

4. Solução nutritiva

4.1. Composição

Uma solução nutritiva completa é empregada, com a seguinte composição em mmol L⁻¹: 13,0 de NO₃⁻; 1,5 de H₂PO₄⁻; 1,25 de SO₄⁻; 4,0 de Ca⁺⁺; 6,5 de K⁺ e 1,25 de Mg⁺⁺. Essa composição é atingida dissolvendo-se as quantidades de fertilizantes descritas na tabela 2.

Os micronutrientes são adicionados à solução nutritiva, através de uma mistura previamente preparada e estocada em galão plástico de cor preta. A composição da solução de micronutrientes é descrita na tabela 3.

Tabela 1 – Materiais necessários e custo de instalação de uma unidade básica do sistema hidropônico por subirrigação empregando areia média como substrato, com superfície de 8 m². Santa Maria, UFSM, 2006.

Descrição	Quant.	Valor total (R\$)	Vida útil (anos)	Custo anual (R\$)
Tijolo de seis furos (0,9x14x19 cm)	165 un.	33,00	15	2,20
Cimento	1sc.	16,90	15	1,13
Areia para assentar os tijolos	0,5 m ³	15,00	15	1,00
Brita	0,1 m ³	3,70	15	0,25
Telha de fibrocimento (110x0,6 cm x 360 cm)	2 un.	86,00	15	5,70
Areia grossa como substrato	0,8 m ³	24,00	15	1,60
Tramas de eucalipto (5x5x110 cm)	10 un.	14,00	4	3,50
Tábuas de eucalipto (10x2,5 cm)	15,8 m	47,40	4	11,85
Tábuas de pinus (2,5x15 cm)	4,15 m	7,47	4	1,87
Tábua de eucalipto (2,5x10x105)	1 un.	3,15	4	0,79
Ripa de cedrinho (2,5x5,0 cm)	2,5 m	2,00	4	0,50
Pregos 17 x 27	0,5 pc.	2,65	4	0,66
Filme de polietileno aditivado anti UV (2,20 m x 100 µm x 17,80 m)	39,16 m ²	52,86	3	17,62
Mulching dupla face	8 m ²	4,80	3	1,60
Tela "anti-afídeos" (1,10 m de largura)	7,90 m	17,77	10	1,77
Flange ¾"	2 un.	13,00	5	2,60
Registro ¾"	2 un.	15,80	5	3,16
Tubo PVC ½"	2 un.	2,55	5	0,51
Conexão: joelho 90° ½"	2 un.	1,60	5	0,32
Conexão: "T" ½"	1 un.	1,26	5	0,25
Conexão: capa seladora ½"	2 un.	0,90	5	0,18
Adaptador para mangueira, com rosca	1 un.	1,00	5	0,20
Mangueira de jardim	1,2 m	1,80	5	0,36
Bomba de aquário	1 un.	30,00	5	6,00
Programador horário (timer)	1 un.	50,00	5	10,00
Mão-de-obra de pedreiro	1 dia	50,00	15	3,33
Total	-	545,14	-	78,95

Tabela 2 – Quantidades de fertilizantes a empregar para preparar a solução nutritiva destinada a produção hidropônica de batata-semente empregando areia como substrato.

Fertilizantes	Quantidades
Nitrato de potássio	505,5 mg L ⁻¹
Nitrato de cálcio – Calcinit	724,0 mg L ⁻¹
Monofosfato de potássio	204,15 mg L ⁻¹
Sulfato de magnésio	308,0 mg L ⁻¹
Ferro quelatizado	20 mg L ⁻¹
Solução de micronutrientes	0,1 mL L ⁻¹

Tabela 3 – Quantidades de fertilizantes a serem dissolvidos em 1 L (um litro) de água para preparar a solução de micronutrientes. Santa Maria, UFSM, 2006.

Fertilizantes	Quantidades (g L ⁻¹)
Molibdato de sódio	0,7
Ácido bórico	15,0
Sulfato de cobre	2,5
Sulfato de manganês	20,0
Sulfato de zinco	10,0

Ao preparar a solução nutritiva, os sais fertilizantes devem ser dissolvidos um de cada vez em balde plástico e adicionados a seguir ao volume de água contido no reservatório. O Calcinit é o último dos sais a ser misturado. A solução contendo os micronutrientes é adicionada em seguida, após completar o volume de água dentro do reservatório. O preparo da solução é concluído pela adição do ferro quelatizado. As formulações quelatizadas contêm uma quantidade de Ferro que varia geralmente entre 4 e 6%. Calcula-se a quantidade de quelato de ferro, levando-se em conta a concentração do elemento no quelato que está sendo empregado, de forma a adicionar 1 mg de ferro por litro de solução nutritiva.

4.2. Concentração da solução nutritiva

A CE da solução recém preparada situa-se ao redor de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. No decorrer do ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas, a CE sofre variações. No período de outono-inverno, quando a transpiração é baixa, é comum a CE da solução diminuir após algumas semanas. No período de primavera-verão pode ocorrer o inverso. Para aumentar a CE, adiciona-se solução nutritiva e, para reduzi-la, acrescenta-se água. Nenhum descarte de

solução nutritiva é feito com o uso desse sistema de cultivo hidropônico.

No sistema hidropônico fechado com uso de subirrigação as plantas de batata toleram uma ampla faixa de concentrações da solução nutritiva, que vai desde 1,0 dS m⁻¹ até 5,0 dS m⁻¹. A faixa de pH situa-se entre 5 e 5,5. Entretanto, os níveis que maximizam, tanto o número quanto a produtividade de minitubérculos, são diferentes para a multiplicação de plântulas e de minitubérculos. Quando a multiplicação é feita a partir das plântulas, níveis de CE próximos de 3,0 dS m⁻¹ favorecem o crescimento dos tubérculos. Quando a multiplicação é feita a partir de minitubérculos, podem ser empregadas concentrações mais baixas, entre 1,0 e 2,0 dS m⁻¹. Nesse sistema de cultivo hidropônico, o número de minitubérculos é pouco afetado pela concentração da solução nutritiva na faixa entre 1,0 e 5,0 dS m⁻¹.

5. Manejo da cultura

O plantio é feito no espaçamento de 10 cm, atingindo a densidade de 100 plântulas ou minitubérculos por m² de superfície. O objetivo do cultivo é a obtenção de elevado número de minitubérculos. Por isso, o crescimento da parte aérea das plantas pode ser controlado através do manejo.

A redução do crescimento da parte aérea reduz o consumo de solução nutritiva, principalmente nas épocas quentes do ano, quando a transpiração das plantas é elevada. Para tal, pode-se efetuar a poda da parte aérea a 30 cm de altura do leito de cultivo. Para facilitar a operação, instala-se uma tela de polipropileno com malha de 10 cm na altura desejada, fixada lateralmente através de ripas. Quando as plantas atingem a altura da tela, a parte aérea é podada. A frequência da poda depende da taxa de crescimento da cultura, que é tanto maior quanto mais elevada for a radiação solar. Com essa prática, o índice de área foliar (IAF) da cultura fica mantido em torno de $5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, sem reduzir a produtividade.

A produtividade que pode ser obtida com esse dispositivo de cultura está em torno de 500 e 600 minitubérculos por metro quadrado e por ciclo de produção de 50 dias. Essa média é 50% superior àquela obtida por Medeiros et al. (2002) em telhas de fibrocimento com brita. É similar àquela obtida por Farran & Mingo-Castel (2006) após um ciclo de 140 dias em aeroponia, na mesma densidade e com colheitas feitas em intervalos de 10 dias. Podem ser realizados até quatro ciclos sucessivos de 50 dias ao longo do ano, no período entre março e novembro, atingindo uma produtividade entre 2000 e 2400

minitubérculos m² e por ano. Realizar ciclos sucessivos de curta duração é o método capaz de aumentar o potencial de multiplicação de minitubérculos ao longo do ano e ao mesmo tempo reduzir a proporção daqueles de tamanho graúdo.

6. Considerações finais

O sistema hidropônico fechado com subirrigação apresenta custo de construção similar ao NFT, com consumo de energia elétrica 440 vezes inferior. O número diário de fertirrigações é sete vezes menor e não há descarte de solução nutritiva. O nível de risco é baixo e a produtividade similar ou superior ao NFT, fazendo-se variar a duração de cada ciclo de produção.

7. Referências

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 04 Abr. 2006.

- MEDEIROS, C.A.B. et al. Produção de sementes pré-básicas de batata em sistemas hidropônicos. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.110-114, 2002.
- MEDEIROS, C.A.B. Batata-semente pré-básica: multiplicação por hidroponia. In: Pereira. A. S.; Daniels, J. (Eds.). **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Pelotas:EMBRAPA, 2003. p. 444-474.
- FARRAN, I; MINGO-CASTEL, A.M. Potato minituber production using aeroponics: effect of plant density and harvesting intervals. **American Journal of Potato Research**, v. 83, p. 47-53, 2006.
- ROLOT, J.L; SEUTIN, H. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. **Potato Research**, v. 42, p. 457-469, 1999.

**VALIDACIÓN DE SISTEMAS DE PRONÓSTICO
PARA EL MANEJO DE ENFERMEDADES EN
HORTALIZAS Y PAPA. EXPERIENCIAS EN INIA
LAS BRUJAS - URUGUAY**

Diego César Maeso

INIA Las Brujas. Ruta 48 km. 10. Rincón del Colorado. CP
90200. Canelones. Uruguay.

E-mail: dmaeso@inia.org.uy - <http://www.inia.org.uy>

1. Introducción

El uso abusivo a nivel mundial de pesticidas incentivó el desarrollo de una producción muy dependiente de agrotóxicos, aparición de patógenos resistentes, destrucción de organismos diferentes a la plaga o patógeno, surgimiento de nuevas plagas o enfermedades y problemas secundarios, contaminación ambiental, y problemas de salud humana. Sumado a eso, el público y las autoridades se preocupan cada vez más por la existencia de residuos de pesticidas en los alimentos y su

efecto nocivo contra el medio ambiente y las regulaciones internacionales hacen cada vez más difícil en el registro de nuevos pesticidas o el mantenimiento de los vigentes.

Como una forma de contribuir a solucionar algunos de esos limitantes ha surgido el manejo integrado de plagas (MIP). Entre otras cosas el MIP busca:

- 1) Optimizar el control en una manera razonablemente económica y ecológica.
- 2) Enfatizar en el uso coordinado de múltiples técnicas para aumentar la producción estable de los cultivos (control biológico, químico, legal, genético y cultural)
- 3) Mantener el daño de la plaga o enfermedad en niveles bajos pero minimizando los peligros para humanos, animales, planta y ambiente.

En Uruguay, a partir de 1997 comienza el Programa de Producción Integrada de Hortalizas como un esfuerzo conjunto de PREDEG-GTZ (Programa de Reconversión de la Granja, Agencia Alemana de Cooperación), JUNAGRA (Junta Nacional de la Granja), Facultad de Agronomía e INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). Actualmente dentro de ese programa se certifican cultivos de ajo, cebolla, tomate (invernadero y campo), lechuga,

frutilla, maíz dulce y boniato, y en próximamente papa, comprendiendo a más de 100 productores.

La meta de ese programa es la producción mediante el uso de métodos respetuosos del ambiente que contemplen los recursos naturales y la salud humana y logrando a la vez un producto natural diferenciado con mejor comercialización siendo uno de los principales componentes el MIP.

Para el manejo de enfermedades, si bien las medidas culturales son muy útiles, retardando o inhibiendo parcialmente la evolución de la enfermedad, sino se tienen cultivares comerciales con resistencia satisfactoria, nunca logran sustituir completamente el uso de fungicidas.

Todos sabemos que una enfermedad es el resultado de la interacción: patógeno-huésped - condiciones ambientales. Por lo tanto, una buena estrategia es aplicar los agroquímicos cuando las condiciones ambientales son favorables para los procesos por los cuales el patógeno produce la enfermedad (esporulación, germinación de esporas, infección). Esa estrategia permite el ahorro de aplicaciones y el posicionamiento de las mismas cuando realmente son necesarias. Es con esa finalidad que se desarrollan los

llamados "Sistemas de Alarma o Pronóstico de Enfermedades".

2. Sistemas de pronóstico de enfermedades

El pronóstico de enfermedades es la habilidad de predecir cuando una enfermedad va a ocurrir a niveles importantes antes de que ésta lo haga, basándose en información climática, del cultivo o del patógeno. Esa predicción permite a los productores desarrollar estrategias e implementar tácticas de manejo de manera rápida y eficiente.

Para que un sistema de pronóstico sea exitoso debe reunir ciertas características:

- 1) Confiabilidad. Basado en información biológica y ambiental sólida, y adecuadamente probado en la región donde se aplica.
- 2) Simplicidad. Cuanto más simple, mejor será su aceptación.
- 3) Importancia. La enfermedad deberá ser importante económicamente y también lo deberán ser los beneficios en el control.

- 4) Utilidad. La enfermedad pronosticada deberá contar con métodos efectivos de manejo.
- 5) Disponibilidad. Se deberá contar con equipo adecuado para realizar el pronóstico y comunicarlo al usuario.
- 6) Aplicación múltiple. Que el equipo usado sirva también para otros fines (enfermedades, plagas o registro de clima).
- 7) Costo razonable. Los costos incurridos deberán estar en concordancia con los beneficios logrados.

Los trabajos referentes a sistemas de pronóstico de enfermedades constan de tres etapas: desarrollo, validación e implementación.

3. Desarrollo de sistemas

La primera etapa en el proceso de un sistema de pronóstico es su desarrollo, es decir su creación. En base al tipo de información que se maneja en el desarrollo, los sistemas pueden clasificarse en: 1) si usan información sobre el cultivo, la enfermedad, el patógeno, el ambiente o combinaciones de éstos; 2) si las advertencias son pre o post- plantación; 3) si son únicas o múltiples; 3) si para el desarrollo del sistema se usó información empírica o

"fundamental" y 4) de acuerdo a las características epidemiológicas usadas.

A nivel mundial se han y se siguen desarrollando sistemas de pronóstico para múltiples enfermedades vegetales fruto de trabajos de investigación científica muy exhaustiva y dedicada. Nuestros trabajos en INIA se concentraron en el siguiente paso del proceso: la validación de sistemas en rubros hortícolas y así contribuir al MIP racionalizando el control químico.

4. Validación

Tan importante como el desarrollo de sistemas de pronósticos es su validación a campo, éstos nunca deben ser utilizados en una región sin una exposición previa en diferentes microclimas y temporadas, de forma de analizar diferentes alternativas de uso y ajuste. La validación deberá incluir sistemas alternativos (standard del productor) y de ser posible parcelas sin control ya que deberá evaluarse en relación a las alternativas vigentes. Deberá prestarse suma atención a aspectos prácticos como fungicidas usados, aplicaciones apropiadas, reiteración de éstas por lavado por lluvias, incidencia de otros problemas sanitarios, etc.

De ser preciso se podrán hacer ajustes ya sea para disminuir aplicaciones excesivas o para corregir defectos.

4.1. Validación de sistemas en la zona Sur de Uruguay. Experiencias de INIA Las Brujas

A partir de 1994, INIA Las Brujas ha realizado la validación de diferentes sistemas para el pronóstico de enfermedades foliares de cebolla, tomate y papa.

Los trabajos comenzaron en cebolla con el uso de un equipo automático procedente de los EEUU (Envirocaster, Neogen Co., Michigan, EEUU) al cual se le fueron efectuando ajustes, se comparó con otros programas tales como BLIGHT-ALERT, Spore Index Predictive System, y DOWNCAST y se le hicieron algunas variantes para adecuarlo a nuestras condiciones. En una primer etapa se separaron los pronósticos de mancha de hoja (*Botrytis squamosa*), a efectuarse en almácigos, de los de mildiú (*Peronospora destructor*), a efectuarse durante el cultivo trasplantado. Se incluyó el pronóstico de lluvia como un factor adicional en la decisión de realizar una aplicación, se probó el comportamiento de los diferentes fungicidas usados en nuestro medio en cuanto a su adaptación al sistema y, finalmente los sistemas recomendados fueron

evaluados en una red de productores del Programa de Producción Integrada. Paralelamente se estudió el uso de información climática proveniente de la casilla de observaciones meteorológicas de la estación experimental en el cálculo de pronósticos y su uso potencial en la región. De esa forma se recabó información que permite el uso de pronósticos en cebolla calculados en forma automatizable y de validez regional a partir de información colectada en INIA LB. Durante todo ese proceso se mantuvo un sistema por el cual el programa de producción integrada de cebolla recibía los valores de riesgo calculados dos veces a la semana para su uso como guía por parte de los productores registrados en el programa.

Los estudios en tomate se centralizaron en la validación y ajuste del sistema TOMCAST para pronosticar períodos de riesgo de tizón temprano (*Alternaria solani*). En una primer etapa se compararon niveles de unidades acumuladas (DSV) para nuestras condiciones y luego formas de calcularlas (usando horas de hoja mojada o humedad relativa y lluvia o ambos sistemas). Durante nuestros trabajos se vio que la importancia relativa de una u otra variaba en diferentes temporadas. Actualmente los trabajos parcelarios continúan y se han comenzado experiencias semiextensivas en predios de productores.

Antes de recomendar su uso masivo se deben solucionar algunos problemas como ajustar una recomendación complementaria para el control de bacteriosis foliares, las cuales, al disminuir las aplicaciones de fungicidas aumentan (es común aplicar los fungicidas en mezcla con productos a base de cobre).

En lo referente al cultivo de papa nuestros trabajos tuvieron dos etapas. Una inicial, en la cual a instancias de una empresa representante de un equipo para el pronóstico de tizones (Colpam) se validó su uso en predios comerciales estudiando diferentes niveles de acumulación de unidades y estrategias (varios tipos de fungicidas) en dos cultivares con diferente susceptibilidad a enfermedades (Chieftan, sensible e INIA Iporá, tolerante).

En una segunda etapa, se comparó el sistema COLPAM con una alternativa basada en la experiencia obtenida con cebolla. Para ello se calcularon las unidades del sistema de pronóstico SIMCAST (para tizón tardío, *Phytophthora infestans*) usando datos colectados en la estación experimental de INIA Las Brujas a dos niveles (casilla meteorológica 1,5 m y a 0,3 m). Como conclusión, el uso de este último procedimiento es una alternativa segura y práctica para proveer datos de riesgo a nivel regional y con potencial de automatización y aprovechar la

difusión de datos climáticos que INIA hace disponible en Internet.

Sin embargo, dada la importancia de la enfermedad, además del cálculo de la acumulación de unidades de riesgo enfatizamos el uso de medidas complementarias como ser: seguimiento de la enfermedad en la zona o establecimiento, reiterar aplicaciones luego de lluvias importantes, tomar en cuenta la rapidez con que se acumulan las unidades en la selección de los productos, en esa decisión considerar también el momento del ciclo, la presencia de síntomas y la experiencia del productor y su logística. Por último y no por ello menos importante “integrar” otras medidas de manejo como: rotación, cultivares tolerantes, semilla sana, etc.

5. Implementación

De nada sirve contar con múltiples programas, de buena calidad y validados si éstos no son utilizados por los productores, por ello esta etapa es crítica y ha significado el fracaso de excelentes programas desde el punto de vista biológico.

Muchas veces la no adopción de un sistema puede explicarse: por la tendencia de los productores a no

aceptar riesgos (que son mayores comparados con calendarios fijos), porque se requieren ajustes en la operativa del predio (en el caso de predios grandes la aplicación a todo el predio deberá ser hecha rápidamente), por aumento de costos derivados de la compra de equipos o pago de servicios, la operativa diaria puede ser alterada por un aviso de aplicación, la aplicación no puede realizarse a pesar de la advertencia pues el tiempo o el terreno no lo permiten, y por último al disminuir las aplicaciones de fungicidas pueden emerger problemas menores que eran controlados con el esquema anterior.

Por ello es fundamental diseñar una estrategia de implementación para que este conocimiento experimental validado localmente sea usado y aprovechado por los productores. En nuestra opinión debe tenerse en cuenta que la información de pronóstico es una guía que debe ser tomada como una referencia y complementada con la experiencia del productor, del técnico asesor y sujeta a todo tipo de medidas que minimicen los riesgos y errores.

6. Perspectivas futuras

Un aspecto en el cual se ha evolucionado mucho es en la tecnología disponible para ser aplicada en los

sistemas de pronóstico. En un principio éstos se basaban en elementos mecánicos de registro (termohidrógrafos, pluviómetros, sensores de hoja mojada) ubicados en el cultivo o por lo menos en lugares definidos de los cuales había que copiar la información para luego realizar los cálculos en calculadoras personales o en computadora central (mainframe). Actualmente se cuenta con equipos comerciales que realizan los cálculos y simplemente dan un pronóstico (p. ej. Unidad Envirocaster, COLPAM) o estaciones meteorológicas cuyos datos pueden ser leídos a distancia sin realizar grandes labores.

Sin embargo, los grandes desafíos continúan y la tendencia actual en el tema es avanzar en dos aspectos:

1) Creación de sistemas expertos o sistemas de ayuda a la toma de decisiones (decision support systems) que involucran también no solo otros problemas sanitarios (plagas, malezas, nemátodos) sino otras labores a realizar en el cultivo dependientes del clima (p.ej. riego). Ya existen algunos ejemplos como el programa WISDOM o Potato Disease Management de la Universidad de Wisconsin que cubre tizón temprano y tizón tardío y a su vez es uno de los cinco componentes del "University of Wisconsin Potato Crop Management System".

2) Toma de datos climáticos del cultivo sin la presencia de sensores en el mismo mediante interpolación entre estaciones, modelos de simulación y técnicas de agricultura de precisión.

7. Referencias

- CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley, p. 423-452. 1990.
- FRY, W.E., APPLE, A.E.; BRUHN, J.A. Evaluation of potato late blight forecasts modified to incorporate host resistance and fungicide weathering. **Phytopathology**, v. 73, p.1054-1059, 1983.
- FRY, W.E.; FOHNER, G.R. Construction of predictive models. I. Forecasting disease development. In: GILLIGAN, C.A. (Ed.). **Mathematical modelling of crop diseases**. New York:Academic, p. 161-178. 1985.
- HILDEBRAND, P.D.; SUTTON, J.C. Weather variables in relation to an epidemic of onion downy mildew. **Phytopathology**, v. 72, p. 219-224, 1982.
- LACY, M.L.; PONTIUS, G.A. Prediction of weather mediated release of conidia of *Botrytis squamosa* from

- onion leaves in the field. **Phytopathology**, v. 73, p. 670-676, 1983.
- MADDEN, L.; PENNYPACKER, S.P.; McNAB, A.A. FAST, a forecast system for *Alternaria solani* on tomato. **Phytopathology**, v. 68, p. 1354-1358, 1978.
- MADDEN, L.V.; ELLIS, M.A. 1988. How to develop plant disease forecasters. KRANZ, J.; ROTEM, J. (Ed.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Berlim:Springer-Verlag, p. 191-208, 1988.
- MAGAREY, R.D. et al. Site-specific weather information without on-site sensors. **Plant Disease**, v. 85, p. 1216-1226, 2001.
- MAGAREY, R.D. et al. Decision support systems: quenching the thirst. **Plant Disease**, v. 86, p. 4-14, 2002.
- SHOEMAKER, P.B.; LORBEER, J.W. Timing the initial fungicide application to control *Botrytis* leaf blight epidemics of onion. **Phytopathology**, v. 67, p. 409-414, 1977.
- SHTINBERG, D.; ELAD, Y. Incorporation if weather forecasting in integrated, biological-chemical

management of *Botrytis cinerea*. **Phytopathology**, v. 87, p. 32-340, 1997.

STEVENSON, W.R. IPM for potatoes: a multifaceted approach to disease management and information delivery. **Plant Disease**, v. 77, p. 309-311, 1993.

VINCELLI, P.C.; LORBEER, J.W. BLIGHT-ALERT: a weather based predictive system for timing fungicide applications on onion before infection periods of *Botrytis squamosa*. **Phytopathology**, v. 79, p. 493-497, 1998.

PRINCÍPIOS PARA IMPLEMENTAR ALERTAS AGROMETEOROLÓGICOS FITOSSANITÁRIOS

Arno Bernardo Heldwein

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.
E-mail:heldwein@ccr.ufsm.br - <http://coralx.ufsm.br/batata>.

A atividade agrícola deve fundamentar-se em técnicas que maximizem a produtividade e o rendimento econômico. Há uma evidente necessidade de assistência à produtores no que diz respeito a suplementação de informações, com o fim de adaptar sistemas agrícolas à variação dos elementos meteorológicos. O planejamento das atividades e as práticas devem levar em consideração as condições meteorológicas transcorridas e as do momento.

Importantes contribuições para o aumento da produção agrícola e segurança alimentar, e o conseqüente desenvolvimento das nações, podem ser alcançadas pela

utilização de eficientes serviços de alertas agrometeorológicos. Através do gerenciamento, que considera informações agrometeorológicas corretamente medidas e processadas através de modelos matemáticos adequados para gerar informações específicas, associadas aos demais fatores de produção, os produtores podem obter mais estabilidade nas suas produções.

Para atingir os objetivos propostos em um sistema de alerta, as ações abrangem a coleta de informações (variáveis) necessárias para fazer essa previsão. Procedese então a análise dos dados através de modelos matemáticos para estimar quando se acumularam ou acumularão as condições favoráveis (ou desfavoráveis) à ocorrência de um determinado evento (estresse hídrico, doenças, pragas, incêndios, condições favoráveis ou desfavoráveis às operações de máquinas, etc.). Concomitantemente, deve-se proceder à análise econômica para identificar se a ação a ser recomendada aos usuários tem viabilidade técnica e econômica, para então expedir o alerta agrometeorológico ou mesmo implantar o sistema, caso ainda não esteja disponível. Muitas vezes, determinadas doenças têm condições favoráveis à sua ocorrência no final do ciclo da cultura e a aplicação de defensivos passa a não ser econômica, nem

ecologicamente recomendável. Em alguns casos, essa aplicação de final de ciclo poderá ocasionar benefício econômico, porém, ao aplicar defensivos, deve-se também pensar no ambiente e nos resíduos que poderão permanecer no produto final. Portanto, à medida que avança o estágio de desenvolvimento da cultura para o final do ciclo, observa-se menos problemas com a doença e o rendimento será menos afetado. Assim, o estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra é um fator que deve ser considerado quando se trabalha com alertas agrometeorológicos fitossanitários em culturas como a batata.

Após as análises de ordem técnica e de viabilidade econômica, o passo seguinte da execução é o da emissão de um boletim. Esse boletim terá que chegar ao produtor ou ao usuário de uma maneira aceitável e compreensível. Aqui se observa, então, um dos pontos de estrangulamento dos sistemas de alertas agrometeorológicos e fitossanitários no Brasil. Talvez seja o mais difícil, uma vez que o produtor, usuário da informação de alerta, precisa primeiro se convencer de que o uso dos alertas lhe trará benefícios, principalmente financeiros, para em uma segunda etapa aceitar ser treinado a entender e interpretar corretamente os boletins ou mensagens de alerta.

Em nível de produtor, quando este eventualmente possui uma estação meteorológica automática instalada na propriedade, a expedição de alertas específicos para determinadas situações poderá ser, também, pré-programada através de algoritmos específicos, instalados no *datalogger* da própria estação. No entanto, nesse tipo de sistema, quando os alertas são realizados para uma determinada cultura agrícola, em que o crescimento das plantas e a ocupação do espaço aéreo do dossel pelas mesmas têm influência no microclima, pode ser necessário incluir informações referentes a fenometria e fenologia das plantas. Assim, o acesso ao programa deve ser possível para permitir os ajustes dessas variáveis. Nesse caso, o produtor precisa ser assistido ou treinado para ser apto a também realizar esse ajuste, devendo possuir um grau de instrução compatível para tal.

O alerta meteorológico fitossanitário tem base científica na determinação das interações entre o desenvolvimento da planta, do patógeno, ou de outro agente causal qualquer, bem como de seus inimigos naturais, e do ambiente. A ocorrência de uma epifítia ou do aumento de uma população de pragas é consequência de condições de desequilíbrio nas relações de interação entre uma planta suscetível (hospedeiro), um agente causador

de dano (patógeno, inseto, ácaro, etc.), sob a influência dos fatores ambientais e bióticos (ação conjugada de toda população de microorganismos que vivem na superfície da planta). O desequilíbrio, nesse caso, é mais favorável ao desenvolvimento do agente causal do que ao hospedeiro.

A condição ambiental é, portanto, fundamental na interação entre o hospedeiro e o parasita, podendo inclusive, em muitos períodos ao longo do ciclo, ser desfavorável ao parasita a ponto de impedir que se instale, se desenvolva e/ou se propague, mesmo que este esteja presente. No caso de fitopatógenos, segundo Costa (2000), os fatores do ambiente podem influenciar o hospedeiro, através da predisposição, que baseia-se na alteração da suscetibilidade do hospedeiro, resultante da atuação de fatores externos ao mesmo, bem como o patógeno, favorecendo ou desfavorecendo sua sobrevivência e desenvolvimento, tanto no hospedeiro como no ambiente do cultivo. A interação patógeno-hospedeiro pode sofrer ação das condições ambientais, o que pode implicar em maior ou menor intensidade da infecção e propagação e determinar o número de possíveis ciclos epidemiológicos no ciclo da cultura.

Um exemplo do ciclo de desenvolvimento de fitopatógenos da batata é mostrado de forma simplificada

no fluxograma da figura 1. Trata-se do oomiceto *Phytophthora infestans*, Mont de Bary, agente causal da requeima da batata e outras solanáceas, cujo ciclo de desenvolvimento pode ser monitorado, modelado e depois previsto em sistemas de alerta. Basicamente, interessam duas variáveis meteorológicas dentro desse ciclo do patógeno: no período inicial, a germinação dos esporos e a emissão de haustórios até a infecção das plantas, bem como a emissão de esporangióforos, a produção de esporângios e esporos no final de um ciclo, estão relacionados à temperatura e, principalmente, ao tempo de molhamento foliar ou umidade relativa do ar (UR) alta, acima de 85% a 87%, embora na maioria dos sistemas de alerta em uso se considere o limite de $UR \geq 90\%$. Para emitir esporangióforos e liberar esporângios, o patógeno precisa dessa condição. Em noites com o orvalho, os esporângios podem ser produzidos também se o molhamento ocorrer por tempo prolongado, quando então os esporos, presentes sobre a mesma planta, germinarem ainda durante o mesmo período de molhamento, podem infestar novamente o tecido vegetal. Há necessidade de molhamento durante todo esse período para ocorrer nova infestação e infecção.

Uma vez que o patógeno se instala nos tecidos da planta, o molhamento foliar passa a ser desnecessário. A partir da infecção é preciso preocupar-se apenas com a temperatura, que irá afetar o crescimento do micélio e seu avanço por tecidos sadios adjacentes na planta, até novamente atingir desenvolvimento suficiente para a produção de esporângios. Durante esse período é a temperatura que governa a velocidade dos processos.

Outro aspecto a ser considerado é o potencial de inoculo ou esporos. Muitas vezes ocorre a condição ambiental favorável ao desenvolvimento do patógeno, mas não existem esporos suficientes para causar epifítia. Nesse caso, a evolução da doença estaria sendo prevista através de determinado sistema de alerta com base nos dados ambientais, como condição de previsão de proliferação do patógeno, mas na realidade não haveria necessidade de aplicar defensivos, porque não há inóculo. No entanto, para as condições ambientais do Sul do Brasil, pode ser considerado que o patógeno causador da requeima está sempre presente, sendo o levantamento desnecessário. Todavia, ao desenvolver modelos para prever a pressão de inóculo de requeima na região em função da sucessão de dias com condições favoráveis a esse patógeno, poderiam

ser melhorados os sistemas de previsão de ocorrência da doença.

O campo de aplicação de variáveis meteorológicas em sistemas de alertas agrometeorológicos fitossanitários é bastante vasto. Para ter uma visão geral sobre as muitas possibilidades, são listados na Tabela 1, alguns exemplos de patógenos e respectivas espécies cultivadas atacadas, bem como as variáveis meteorológicas que seriam as mais determinantes de condições favoráveis ao patógeno. Com esses exemplos pretende-se apenas dar uma idéia geral da abrangência e relevância do tema “modelos e sistemas alerta agrometeorológico fitossanitário” para as principais culturas e respectivas epifítias no gerenciamento e na logística das práticas de manejo e proteção dos cultivos.

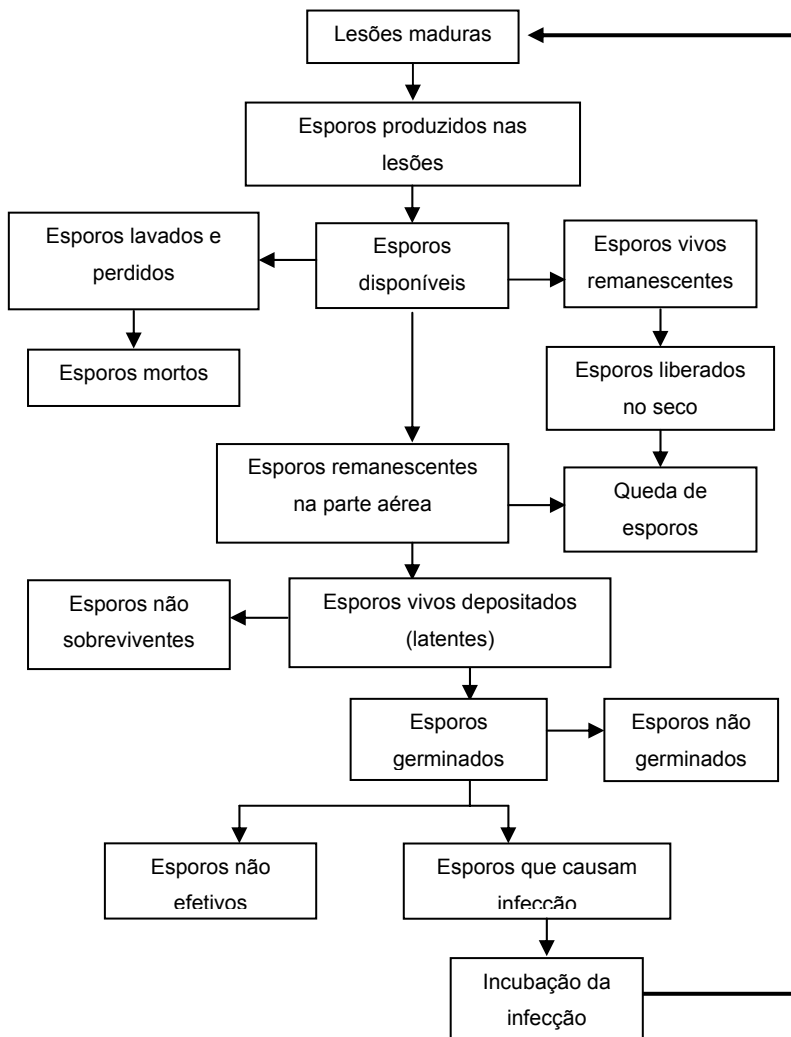


Figura 1 - Representação do ciclo de vida do oomiceto *Phytophthora infestans* no modelo CYPRUS (adaptado de Michaelides, 1985).

Da mesma forma que para a requeima em batata, as variáveis meteorológicas mais utilizadas são, a temperatura, ou algum índice relacionado à mesma, como a soma térmica, e o tempo de molhamento da parte aérea do dossel de plantas, ou alguma variável relacionada ao tempo de molhamento, como a precipitação, a umidade relativa do ar elevada ou a umidade na camada superficial do solo. São poucos os sistemas de alerta para o controle de doenças fúngicas nos quais se utilizam outras variáveis, como a insolação, a velocidade do vento (o qual indiretamente afeta a umidade relativa no interior do dossel de plantas e a velocidade de secagem do mesmo) e a densidade de fluxo de radiação solar incidente.

O importante é que a maioria dos patógenos depende principalmente da ocorrência de um período prolongado de molhamento contínuo ou de umidade relativa do ar elevada e de condições térmicas adequadas. Para a propagação de alguns patógenos, como os míldios, também contribuem a precipitação pluvial, a baixa insolação e a velocidade do vento. No caso da *Sclerotinia sclerotiorum* em colza é necessário incluir a insolação em alguns dos sistemas preconizados.

Nos sistemas de alerta os elementos meteorológicos são transformados em parâmetros ou índices

biometeorológicos dos parasitas (fitopatógenos). São níveis dos elementos meteorológicos que limitam a faixa de valores favoráveis ao desenvolvimento dos mesmos, na qual o efeito favorável aumenta até um valor máximo (ótimo), situado entre os dois limites extremos. Além desses dois limites extremos, o parasita não dispõe de condições para se desenvolver e não há perigo de ocorrência de epidemia ou epifítia, sendo totalmente dispensável qualquer medida de controle ou combate. Especificamente, esses limites são de temperatura do ar ou do solo, umidade atmosférica ou do solo, precipitação pluviométrica, insolação, velocidade do vento, etc., que são elementos meteorológicos que afetam, favorecem e/ou inibem o desenvolvimento dos fitoparasitas nas suas diversas fases evolutivas.

Tabela 1 - Agentes causadores de Epifitias em diferentes espécies cultivadas e respectivas variáveis meteorológicas utilizadas nos sistemas de alertas para o seu controle. Santa Maria, RS, 2003.

Doença	Agente causador	Espécie cultivada	Variáveis
Sarna	<i>Venturia inaequalis (Spilocaea pomi)</i>	Macieira	T, M ou UR, P, u
	<i>Venturia pirina (Fusicladium pyrorum)</i>	Pereira	T, M ou UR, P, u
	<i>Venturia cerasi (Fusicladium cerasi)</i>	Cerejeira	T, M ou UR, P, u
	<i>Spilocaea eryobotriae</i>	Nespereira	T, M ou UR, P, u
	<i>Spilocaea oleagina</i>	Oliveira	T, M ou UR, P, u
	<i>Cladosporium cucumerium</i>	Cucurbitacea	T, M ou UR, P, u
Mildio	<i>Plasmopora viticola (Berk. & Kurt)</i>	Videira	T, M. ou UR
	<i>Peronospora humili (Miy. & Tak.)</i>	Lúpulo	T, M ou UR
	<i>Podosphaera leucotricha (Ell. & Ev.)</i>	Macieira	T, M ou UR
	<i>Erysiphe graminis (var. tritici e hordei)</i>	Trigo e cevada	T, UR e/ou P, S, u
	<i>Phyllosticta maydis</i>	Milho	T, M ou UR
Ferru-	<i>Hemileia vastatrix (Berk. & Br.)</i>	Cafeeiro	T, M
Gens	<i>Puccinia stiiformis</i>	Trigo	T, UR e/ou P, u, n
	<i>Puccinia recondita</i>	Trigo	T, UR, P e/ou M
	<i>Puccinia hordei</i>	Cevada	P, T, M, ou d, n, O
	<i>Puccinia graminis</i>	Trigo	T, M
Mal de Sigatoka	<i>Mycosphaerella musicola, M. fijiensis</i>	Bananeira	T, M
Mal das folhas	<i>Microcyclus ulei (Aposphaeria ulei, Fusicladium macrosporum)</i>	Seringueira	T, M
Antracnose	<i>Phaeoisaropsis personata</i>	Amendoim	T, M
Podridão parda Pinta preta	<i>Monilia friticola</i>	Drupáceas	T, M ou UR
	<i>Alternaria solani</i>	Batata, tomate	T, M ou UR, P, u
	<i>Alternaria brassicicola</i>	Brássicas	T, M ou UR, P, u
	<i>Alternaria porri</i>	Cebola e alho	T, M ou UR, P, u
	<i>Alternaria dauci</i>	Cenoura	T, M ou UR, P, u
Requeima	<i>Phytophthora infestans</i>	Batata (Solanáceas)	T, UR e/ou P
Gomose, podridão frutos	<i>Phytophthora citrophora e P. parasitica</i>	Citrus	T, UR e/ou P
Pod. capítulo, quebra de haste	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Girassol, Colza	T, M ou UR, P
Mofo cinzento,	<i>Botrytis cinerea</i>	Morangueiro	T, M ou UR,
Mofo branco	<i>Botrytis squamosa</i>	Cebola ,alho	T, M

T=temperatura do ar ou da folha (ou soma térmica); UR=umidade relativa do ar (valor médio ou tempo com valor acima de determinado nível); P=precipitação; M=tempo de molhamento foliar, do capítulo ou do fruto; d= déficit de saturação do ar; n=número de horas de brilho solar; u=velocidade do vento; O=tempo de molhamento por orvalho.

Em muitos casos há falta de estudos básicos que permitem quantificar o efeito das variáveis meteorológicas no comportamento dos fitoparasitas, pois, existem diferenças de tolerância pelos diversos genótipos para os diferentes patógenos ou suas raças. Os parâmetros biometeorológicos são estimados em função do dano ocasionado em determinada condição ambiental. Na tabela 1 são listados uma série de fitopatógenos e os respectivos elementos meteorológicos que mais os afetam. O monitoramento agrometeorológico permite que, além das condições de incidência dos patógenos, seja também realizado um acompanhamento seqüencial ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento das culturas. Esse monitoramento, que pode ser semanal e até diário, pode levar o agricultor a tomar decisões imediatas da aplicação ou não de determinado produto, para o controle específico do patógeno.

A interdependência entre os elementos meteorológicos permite determinar as condições que são favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento de patógenos. Uma vez definidas as faixas de favorabilidade ao desenvolvimento, as combinações desses elementos em modelos ou tabelas permitem a definição da

potencialidade de infestação do patógeno em no mínimo três faixas:

- potencialidade favorável (F): quando as combinações atuais e futuras de umidade do ar, do solo, temperatura do ar e precipitação pluviométrica favoreçam o desenvolvimento do patógeno e o seu grau de ataque às plantas pode ser severo;

- potencialidade razoável (R): quando as combinações atuais e futuras de umidade do ar, do solo, temperatura do ar e precipitação pluviométrica não são totalmente favoráveis, porém não inibem o desenvolvimento do patógeno;

- potencialidade desfavorável (D): quando as combinações atuais e futuras de umidade do ar, do solo, da temperatura do ar e precipitação pluviométrica inibem o desenvolvimento do patógeno, sendo mínimo o seu grau de dano às plantas.

A necessidade de conhecer e determinar o momento mais adequado para aplicação de defensivos, ou disseminar inimigos naturais, impulsionou a agrometeorologia a desenvolver técnicas de monitoramento agrometeorológico para o controle de pragas e doenças. Alguns exemplos parâmetros

biometeorológicos para Oomicetos podem ser obtidos da bibliografia, conforme Wmo (1992), Brunini et al. (1997), Heldwein (1997) e Costa (2000).

Os limites térmicos e hídricos estabelecidos de acordo com os aspectos levantados, de efeito no comportamento e desenvolvimento de alguns patógenos, são apresentados em forma de tabelas ou funções matemáticas e podem ser utilizados na estruturação e avaliação do sistema de previsão de sua proliferação. Para a batata, dependendo do local, trabalha-se com índices diferentes. No caso de requeima, é grande o número sistemas desenvolvidos destacando-se Fast, Blitecast, Negfry, Phytoprogram ou Prognose negativa, PhytoPre, Simphyt, Prophyl, Simcast, Progeb (Wmo, 1992).

Do ponto de vista meteorológico e estatístico-operacional não é difícil desenvolver um sistema de alerta. Por que então muitas vezes não funciona? Porque no Brasil existem poucos sistemas de alerta agrometeorológico em operação? O que está impedindo obter êxito na implantação? Essas são perguntas que precisam ser respondidas.

Em primeiro lugar, deve existir a vontade política. É necessário investimento inicial relativamente alto. Está se

investindo nos Sistemas Estaduais de Meteorologia, com estações automáticas que permitem agilizar a informação. Seria impossível começar a coletar dados de termohigrógrafo, manualmente, para fazer previsão de proliferação de patógenos para um Estado inteiro.

Outro aspecto importante é que todos os envolvidos devem possuir interesse e realmente assumir determinados compromissos. Não adianta um pesquisador isoladamente ter interesse, desenvolver e lançar idéias, modelos e sistemas, se no outro lado o usuário não está motivado ou a informação chega a ele de maneira distorcida e/ou o usuário não consegue interpretar e usar a informação adequadamente. Muitas vezes têm-se a situação em que o agricultor não sabe ou negligencia regular um pulverizador. Então, tem-se um sistema de alerta para fazer aplicações e ele regula mal o pulverizador, ou o defensivo não é suficientemente eficaz em função da má aplicação, permanecendo um potencial de inoculo e um nível de infecção mais alto no início do ciclo seguinte do que o previsto pelo sistema. Assim, o sistema dará o segundo alerta com atraso, quando a cultura já pode estar tomada pelo agente causal. Com isso o sistema de alertas perderia o crédito perante o agricultor e órgãos de fomento, o que é fácil de ocorrer, devendo-se tomar muito cuidado. Não

pode ser simplesmente um aviso, sem referência aos fatores condicionantes paralelos das diferentes situações que podem estar ocorrendo nas propriedades.

Para um sistema de alertas entrar em operação, deve-se, a princípio, fazer um treinamento de todo o pessoal envolvido, principalmente, da assistência técnica e de quem vai receber a informação. É este o principal ponto de estrangulamento do sistema. Para culturas mais tecnificadas, como a da batata, espera-se ser mais fácil implantar e operacionalizar um sistema de alerta. É necessário, no entanto, um processo de evolução cultural do produtor, para utilizar essa tecnologia de maneira adequada.

A análise geral do estado da arte indica que existem muitos modelos e sistemas disponíveis, sendo o ponto de estrangulamento para sua implantação a necessidade de medição contínua de dados meteorológicos de qualidade transmitidos a grandes distâncias com baixo custo operacional e o ajuste dos modelos e sistemas aos novos genótipos e às condições climáticas diferentes daquelas em que foram gerados. Além disso, o outro ponto de estrangulamento é conseguir a atenção e a conscientização dos produtores para se utilizarem das vantagens do uso de sistemas de alerta e do recebimento

de treinamento para a correta interpretação das informações geradas e disponibilizadas pelo sistema de alerta através dos diferentes meios de comunicação.

Nessa palestra objetiva-se abordar, sem esgotar o assunto, alguns procedimentos e cuidados a serem observados na determinação do tempo de molhamento foliar e da umidade relativa do ar dentro do dossel de plantas de batata, acima deste ou na condição de referência de estações meteorológicas instaladas em área gramada, bem como dar uma noção sobre a experiência local e os principais resultados obtidos em experimentação visando ajustes de sistemas de alerta para controle de requeima em cultivos de batata.

A determinação dos elementos meteorológicos para fins de monitoramento de epifitias e pragas deve ser a mais fiel possível das condições em que a planta se encontra no dossel da cultura. Existem maneiras diferentes de se medir a temperatura do ar (não se pretende entrar em detalhes da técnica de medida), a qual, ao ser utilizada em sistemas de previsão de epifitias, deve ser obtida preferencialmente, no ambiente do dossel vegetativo das plantas. Medidas de temperatura feitas acima do dossel de plantas de batata ou em estações meteorológicas instaladas em condição padrão podem ser ajustadas de acordo com as condições

meteorológicas ocorrentes, conforme demonstraram Heldwein & Krzysch (1999), com modelos de regressão (Tabela 2), e Tazzo (2005), com perfis de temperatura. Verifica-se que a temperatura rente às plantas pode ser estimada com precisão aceitável em função da velocidade do vento, temperatura do ar com precisão aceitável em função da velocidade do vento, temperatura do ar e saldo de radiação medidos nas estações meteorológicas instaladas em condição padrão do serviço de meteorologia.

Tabela 2 - Parâmetros dos modelos de regressão para estimar a temperatura do ar na parte superior de um dossel vegetativo de batata (T_b) em função do horário e da velocidade do vento a 2,0 m de altura na estação meteorológica padrão.

Período	Veloc. vento	Modelo de Regressão
18 às 3h	$\geq 1 \text{ m.s}^{-1}$	$T_b = 2,628 + 0,7952 T + 0,027591 Q^*$
18 às 3h	$< 1 \text{ m.s}^{-1}$	$T_b = 1,131 + 0,8677 T + 0,038706 Q^*$
3 às 10h	$\geq 1 \text{ m.s}^{-1}$	$T_b = 2,302 + 0,8107 T + 0,019485 Q^*$
3 às 10h	$< 1 \text{ m.s}^{-1}$	$T_b = 1,308 + 0,8589 T + 0,035114 Q^*$
18 às 10h	todas	$T_b = 0,888 + 0,8699 T + 0,019712 Q^*$

T = temperatura do ar no abrigo, °C (h=1,5m); Q* = saldo de radiação sobre a vegetação, W m⁻² (h=2,0m). (FONTE: HELDWEIN & KRZYSCH, 1999).

Considerando os perfis térmicos, foi verificado que os valores médios dos gradientes de temperatura entre 2,2 m e 0,15 m de altura ($T_{2,2}-T_{0,15}$) são positivos de dia (11 às 17 h), enquanto que no período noturno (21 às 04 h) não mostram variação definida; a temperatura diurna é maior na metade inferior do dossel, sendo o gradiente ($T_{2,2}-T_{0,15}$) mais acentuado no período diurno do que à noite; o acamamento das plantas influi no perfil da temperatura do ar, deslocando o nível de troca energética em direção à superfície do solo; a inversão térmica vertical média no período noturno é pouco acentuada abaixo de 2,0 m de altura, sendo maior em noites límpidas e calmas; os gradientes mais acentuados de temperatura ocorrem em dias calmos e com pouca nebulosidade e em dias com precipitação ou nevoeiro, ou em noites de céu nublado e/ou com vento, desde que este não seja seco e quente, a temperatura do ar mostra pouca variação horizontal e vertical.

O molhamento foliar é talvez o parâmetro mais difícil de ser determinado, sendo condição essencial para muitos patógenos. No caso de *Botrytis spp.*, em liliáceas, gerânio e morangueiro e dos Oomicetos, o efeito do período de molhamento está altamente correlacionado ao número de lesões produzidas na planta. Normalmente,

acima de 10 a 12 horas de tempo de molhamento já há condição favorável a esses patógenos, a qual se intensifica na medida em que o mesmo se prolonga por mais tempo, enquanto que, entre 20 a 25°C é a faixa de temperatura mais favorável. Reafirma-se que, muitas vezes, ao ocorrer um período de molhamento intermitente, também se interrompe a propagação. Por outro lado, não deve ser esquecido que o esporo, muitas vezes, está sobre a folha e germina, mas se a folha secar antes da penetração do haustório na planta, o mesmo desseca e não ocorre infecção. Por isso é fundamental determinar corretamente o tempo de molhamento.

O molhamento causado por orvalho, é possível ser determinado, com base na teoria da termodinâmica da sua formação organizada por Hofmann (1955), através de estimativas da utilização de modelagem analítica desenvolvida por Pedro Jr. & Gillespie (1982a) para soja, milho e maçã. Essa metodologia já foi adaptada e/ou testada para outras espécies, como para as culturas da cebola (Gillespie & Barr, 1984), bananeira (Lhomme & Jimenez, 1992), batata e girassol (Heldwein, 1993), entre outras. Portanto, a partir de dados meteorológicos utilizados em algoritmos com modelos simplificados, é possível, através desses, estimar o molhamento causado

por orvalho, sendo necessárias medidas contínuas de temperatura e umidade do ar, velocidade do vento, saldo de radiação, bem como, é necessário conhecer parâmetros de crescimento da parte aérea das culturas.

Para determinar o tempo de molhamento causado por chuva, também é possível estabelecer modelos com base na medida contínua de precipitação, associada ao tempo necessário para evaporar a água retida no dossel da cultura, com base na teoria de Gillespie & Barr (1984), Barthakur (1988) e Heldwein (1993). Estas são duas ferramentas importantes que podem ser utilizadas nos sistemas automáticos, de maneira concomitante às medidas feitas com os sensores específicos para detecção do molhamento foliar. Os modelos são, portanto, utilizados como ferramenta para conferir e testar o funcionamento dos sensores de molhamento, já que estes podem apresentar problemas operacionais, principalmente, por possuírem forma e propriedades físicas diferentes das folhas das plantas, havendo a possibilidade de permanecerem molhados por tempo diferente do que as folhas.

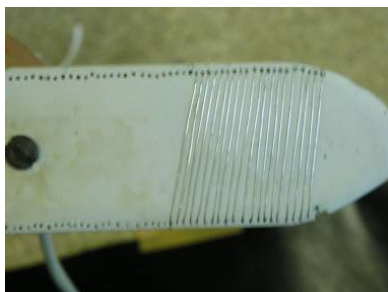
O sensor de molhamento é composto por um par de eletrodos, ambos em forma de pente, inter-encaixados. O que caracteriza um bom sensor é a proximidade entre os

eletrodos: quanto mais próximos e numerosos, mais sensível ele é. Nele o molhamento é detectado quando se tem a passagem de corrente elétrica, propiciada pela presença de água, que fecha o circuito entre os dois eletrodos, nos quais não pode ocorrer eletrólise. Por isso, o circuito eletrônico tem que fornecer corrente alternada de baixa intensidade, em pulsos fornecidos em intervalos de tempo coincidentes com o momento da medida, ficando desligado no restante do tempo. Os sensores são construídos sobre placas de material inerte, cuja superfície deve apresentar propriedades físicas (emissividade, absorvância, dimensão característica) similares àquelas das folhas, ou folíolos ou hastes das plantas. Na Figura 2 são apresentados o sensor e circuito eletrônico de construção própria utilizados nos experimentos de Santa Maria.

Outro aspecto importante a considerar é a exposição e localização dos sensores, que devem ser instalados na posição do dossel de plantas onde o patógeno dispõe das condições mais favoráveis a sua propagação. Para isso deve-se optar por sensores de molhamento com um cabo mais longo do que em geral são fornecidos com as estações automáticas. A experiência local do grupo de pesquisa é de êxito com sensores construídos com fios de aço inoxidável não endurecido

($\varnothing = 0,16$ mm) e circuito eletrônico próprio, instalados a meia altura das plantas, com inclinação de 30°S, sem cobertura foliar acima, mas com bordas altas de folhas que propiciem sombreamento parcial no início da manhã e no entardecer. Sensores com superfícies de acrílico e outros materiais industriais e sensores com apenas dois pinos fixados sobre superfície de papel ou algodão prensado fornecidos com algumas estações automáticas, mostraram-se imprecisos na determinação do tempo de molhamento foliar em cultivos de batata.

Sensor de molhamento



Circuito eletrônico



Figura 2 - Sensor para detectar molhamento foliar em batata e circuito eletrônico construídos e utilizados em Santa Maria, RS

Na maioria dos sistemas de alerta, ao invés da duração do tempo de molhamento foliar (DPM), é utilizado

o tempo com $UR \geq 90\%$, uma vez que a UR é de mensuração mais simples do que DPM. Assume-se nesse caso, que o tempo com $UR \geq 90\%$ é equivalente ao DPM real sobre as folhas das plantas cultivadas, o que em muitas situações não é verdadeiro.

Com o objetivo de avaliar o efeito de certos limites de umidade relativa do ar (UR) na estimativa da duração do período de molhamento foliar (DPM) de cultivos de batata foram conduzidos três experimentos, em que a determinação da DPM foi realizada por observação visual, conforme a escala de Heldwein & Krzysch (1997), em dois cultivos de 2004 e por seis sensores eletrônicos de molhamento foliar, acoplados a um datalogger, em um cultivo em 2005. A umidade relativa do ar (UR) foi medida em uma estação automática, instalada a 1,5 m de altura, em meio a áreas cultivadas. Não houve diferença em relação a valores de UR determinados a partir de medidas com par psicrométrico composto de sensores Pt-100, instalados na mesma altura. As estimativas da duração do período de molhamento foram realizadas pela utilização dos limites inferiores de $UR \geq 80\%$, $\geq 85\%$, $\geq 87\%$, $\geq 90\%$ e $\geq 87\%$ com extensão até valores de 70% ($UR \geq 87|70\%$), sendo nesse caso considerado início do molhamento foliar, o momento em que, entre os valores de 70% e 87% de UR,

ocorreu um incremento mínimo de 3% em meia hora. O término da secagem foi considerado quando, entre 87% e 70% de UR, ocorreu um decréscimo maior do que 2% em meia hora. Portanto, o limite de 87% com a extensão do tempo até 70% ($UR \geq 87|70\%$) significa, que para valores maiores ou iguais a 87 % sempre foi considerado molhamento; entre 70 e 87% também foi considerado molhamento até o momento em que UR variar mais do que 3% e 2%, respectivamente, nos períodos de resfriamento (condensação) e de evaporação (Streck, 2006). Foi verificado que o limite de $UR \geq 90\%$ não é adequado para estimar a DPM em um dossel de plantas de batata quando a medição da UR for realizada acima do topo desse dossel, mas pode ser utilizado quando a medição da UR é feita em meio ao dossel de plantas da mesma forma que o limite de $UR \geq 87\%$; a utilização do limite de $UR \geq 90\%$ resulta em sub-estimativa da DPM em um dossel de plantas de batata para qualquer nível de medição da UR acima das plantas (Streck, 2006). Verificou-se também que utilização da diferença entre a temperatura do ar, T, e a temperatura do ponto de orvalho do ar, Td (TTd), bem como o déficit de pressão de vapor do ar (Dpv) deve ser realizada a partir de medições acima do topo do dossel, sendo a TTd a variável mais promissora para trabalhos mais detalhados de

estimativa de DPM. Foi verificado ainda, que: o modelo CART com utilização da velocidade do vento corrigida para o nível do topo do dossel de plantas pode ser utilizado na estimativa da DPM, porém sem apresentar melhora significativa em relação à utilização da UR medida a 1,5 m de altura; que o modelo CART é mais adequado do que o método de Penman para estimar a DPM por orvalho em um dossel de plantas de batata e que o método do balanço de energia de folhas individuais é adequado para estimar a DPM por orvalho em um dossel de plantas de batata, porém há necessidade de ser medido um número maior de variáveis meteorológicas do que as utilizadas nos modelos empíricos (Streck, 2006).

Outro resultado importante a ser considerado é que a UR pode apresentar grandes diferenças entre o dossel de plantas e o ar em circulação livre. Entre estação padrão e dossel de plantas a diferença pode alcançar até 9% (Heldwein, 1993) e entre níveis no dossel e acima deste até 6,5% (Tazzo, 2005). Isso indica que além da necessidade de nos cercar de todos os meios que possam resultar em medidas de UR mais precisas e acuradas, na utilização de dados de UR medidos longe da área cultivada deve-se considerar certos limites a mais de segurança para que a estimativa da DPM não seja significativamente

subestimada, o que poderia se converter em risco para o sistema de previsão, isto é, considerando os possíveis erros é preferível superestimar eventualmente a DPM que subestima-la. Na prática, em caso de incerteza, significa aplicar fungicida em um intervalo pouco menor do que correr o risco de optar por um intervalo muito longo que possibilite a proliferação do patógeno.

Com relação á experiências locais sobre sistemas de previsão de ocorrência de *Phytophita infestans* em batata no centro do Rio Grande do Sul também tem-se algumas contribuições.

Primeiramente avaliou-se o desempenho dos sistemas Blitecast e Prophy modificados, nas condições de cultivo de batata na primavera e no outono para os clones Asterix (resistência moderada) e SMIJ461-1 (resistente) na região de Santa Maria, RS. Para isso foram conduzidos dois experimentos no departamento de Fitotecnia da UFSM, sendo um na primavera e outro no outono, nos quais monitoram-se o molhamento foliar através de sensores instalados em diferentes níveis no dossel, temperatura e UR do ar em 3 repetições em meio as plantas e acima do dossel, e radiação solar e velocidade do vento (Trentin, 2006).

Em intervalos de 4 a 5 dias realizou-se observação da incidência de requeima e após sua constatação, observou-se a severidade, com na escala diagramática de James (1971).

Os fungicidas utilizados para o controle da requeima foram aplicados alternadamente na seguinte ordem: Mancozeb; Oxicloreto de Cobre; Dimethomorph + clorotalonil; Ditiocarbamato + estrobilurina. As aplicações foram realizadas sempre que nos tratamentos B18, B24, B30, B36 e B42 foram acumulados, respectivamente, 18, 24, 30, 36 e 42 valores de severidade (VS), calculados pelo sistema Blitecast, e nos tratamentos P15, P20, P25, P30 e P35 foram acumulados, respectivamente, 15, 20, 25, 30 e 35 VS, calculados pelo sistema Prophy, além de aplicações semanais no tratamento com (TS). A testemunha (Test) não recebeu aplicação.

Os resultados mostraram que a menor severidade de danos reais ocorre no tratamento com aplicação semanal (TS), que pode evitar redução da perda de rendimento total em até 44% em relação à Test, mesmo que em períodos contínuos de alta umidade, a aplicação semanal de fungicidas não propicia proteção completa contra a requeima na cultura da batata (Trentin, 2006). O uso do sistema Blitecast com 18 VS para o clone Asterix

incrementa em pelo menos 34,5% o rendimento total em relação à Test e reduziu o número de aplicações em 25% no período de outono (úmido) e 70% no período de primavera (relativamente pouco úmida) em Santa Maria. A utilização do acúmulo de 18 VS no sistema Blitecast e de 15 VS no sistema Prophyl, como índices de contabilização do tempo entre 2 aplicações sucessivas de fungicida, tem eficiência similar a da aplicação semanal no controle da requeima, mas a diferença de critérios entre os sistemas Blitecast e Prophyl de previsão de severidade, influencia no tempo de espera para uma nova aplicação de fungicidas. Verificou-se ainda que nos períodos chuvosos a requeima se alastra e propaga mais rapidamente do que nos períodos em que o molhamento foliar é causado só por orvalho e que a UR pode ser utilizada para estimar a duração do molhamento foliar (DPM), sendo o valor do limite de UR dependente da altura de sua medição acima da superfície do solo (Trentin, 2006).

Em dois experimentos similar, realizado em condições de propriedade rural, verificou-se que em primavera com pouca precipitação os tratamentos P15, B18, P20, P25 e B24, apresentaram a maior produtividade comercial pela ordem, porém não diferiram entre si. Também foi verificado que no período de outono, através

de gerenciamento das aplicações à distância, com o tratamento B18 a produtividade comercial foi superior do que aquela obtida nas parcelas que receberam pulverização a critério do produtor, mesmo que os tratamentos B18 tenham recebido duas aplicações a menos de fungicida.

Referências

- BARTHAKUR, N.N. A non-equilibrium thermodynamics approach to surface evaporation of water drops. **Agric. Meteorol.**, v.42, p.287-294, 1988.
- BRUNINI, O. Manejo agrometeorológico de pragas e doenças visando aplicação de agroquímicos—uma análise preliminar. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 25p. (Polígrafo não publicado).
- COSTA, L.C. Modelos agrometeorológicos para previsão de pragas e doenças. In: Congresso Argentino de Agrometeorologia, Mendoza, 2000. **Actas...**, Mendoza, AADA, 2000.
- GILLESPIE, T.J. & BARR, A. Adaptation of a dew estimation scheme to a new crop and site. **Agricultural Meteorology**, v.31, p.289-295, 1984.

- HELDWEIN, A.B. Ermittlung der Taubenetzung von Pflanzenbeständen durch Anwendung mikrometeorologischer Verfahren sowie mittels konventioneller Methoden. Berlin, TU-Berlin, 1993. 208p. Tese de Doutorado, Technische Universität Berlin, 1993.
- HELDWEIN, A.B. Alerta Fitossanitário: Suplemento dos Anais: Mesas Redondas. In: X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba, 1997. p.63-77.
- HELDWEIN, A.B.; KRZYSCH, G. Escala para a observação visual do molhamento por orvalho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.2, p.207-214, 1997.
- HELDWEIN, A.B., KRZYSCH, G. Estimativa da temperatura e da pressão de vapor d'água do ar no topo de uma cultura de batata. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n.1, p.101-105, 1999.
- HOFMANN, G. Die Thermodynamik der Taubildung. **Berichte des Deutschen Wetterdienst**, v.18, n.3, p.1-45, 1955.
- JAMES, W.C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases. Their preparation and usage. **Canadian Plant Disease Survey**, v.51, n.2, p.39-65, 1971.

- LHOMME, J.P. & JIMENEZ, O.F. Estimating dew duration on banana and plantain leaves from standard meteorological observations. **Agric. For. Meteorol.**, v. 62, p.263-274, 1992.
- MICHAELIDES, S.C.A. A simulation model of the fungus *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary. **Ecological Modelling**, v.28, p.121-137, 1985.
- PEDRO Jr., M.J. & GILLESPIE, T.J. Estimating dew duration. I. Utilizing micrometeorological data. **Agric. Meteorol.**, v.25, p.283-296, 1982.
- STRECK, L. Determinação da duração do período de molhamento foliar em cultivos de batata. 2006, 107f. Tese (Doutorado em Agronomia) –Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- TAZZO, I.F. Variação de alguns elementos micrometeorológicos nodossel de plantas de batata. 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- TRENTIN, G. Avaliação de sistemas de previsão da ocorrência de *Phytophthora infestans* em cultivo de batata. 2006, 100f. Dissertação (Mestrado em

Agronomia) – Programa de Pósgraduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

WMO – Report of the CagM Advisory Working Group. World Meteorological Organ. Report 48,1992.

MANEJO INTEGRADO DEL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA: EXPERIENCIA EN EL CIP - PERÚ

Willmer Germán Pérez Barrera

Centro Internacional de La Papa, Avenida La Molina, 1895,
La Molina, Lima, Perú.

E-mail: w.perez@cgiar.org - <http://www.cipotato.org>

Por su ubicación geográfica y condiciones climáticas en el Perú se siembra y cosecha papa prácticamente durante todo el año. Estimaciones efectuadas en áreas productoras, indican que el 42% de la superficie destinada a este cultivo está expuesto a valores muy altos de severidad del tizón tardío. Se reportó en Perú que por cada 20% de incremento en la severidad de la enfermedad se redujo el rendimiento en 1 t/ha, sin embargo, este estimado fue más bajo que lo reportado por otros autores que indicaron pérdidas de cerca de 6 t/ha. Basándose en los precios de US\$ 140/t de papa en 1998, se calculó una pérdida económica debida al tizón entre US\$ 140/ha a US\$ 560/ha. Si se considera que en Perú se

cultiva cerca de 250 000 ha de papa por año y sólo 20% del total de esta área es afectada por la enfermedad, esto significaría una pérdida monetaria entre US\$ 7 a 25 millones por año. En el caso de pequeños agricultores o de subsistencia, la pérdida de la producción no solo significa una pérdida de ingreso familiar sino reduce la seguridad alimentaria de esta familia.

Estudios moleculares determinaron que la población de *Phytophthora infestans* cambió dramáticamente en Perú desde la mitad de la década de los años 80. El linaje US-1 predominante hasta esos años en las regiones de mayor producción de papa fue cambiado por el linaje EC-1, predominante también en Colombia y Venezuela. Todos los aislamientos colectados entre 1997 a 1999 en la región central del Perú fueron caracterizados como EC-1, mientras que en la región sur se identificó a los linajes US-1, PE-3 y EC-1. Los linajes EC-1 y PE-3 muestran una amplia virulencia, atacando un promedio de 7.4 y 6.6 diferenciales respectivamente, de un total de 11 diferenciales probados, mientras que los aislamientos de US-1 muestran reducida virulencia, atacando un promedio de 2.2 diferenciales del total de diferenciales probados. La mayoría de aislamientos estudiados fueron completamente resistentes a metalaxyl y sólo alguno de ellos fue

moderadamente resistente o sensible a este fungicida sistémico especialmente los pertenecientes a los linajes US-1 y PE-3.

Se determinó que el linaje EC-1 ataca indiscriminadamente variedades mejoradas así como especies silvestres de papa, actuando estos últimos como reservorios de inóculo para las epidemias en los cultivos comerciales.

El Centro Internacional de la papa en su esfuerzo por ampliar la base genética de resistencia al tizón tardío estudió 51 especies tuberíferas de *Solanum* en experimentos de invernadero y campo, hallando que genotipos de *S. piurae*, *S. iopetalum*, *S. hougasii*, *S. fendlerii*, *S. cardiohyllum* y *S. circaefolium* colectados en México, Bolivia y Perú mostraron resistencia cualitativa mientras que genotipos de *S. albicans*, *S. alandiae*, *S. ambosinum*, *S. circaefolium*, *S. chiquidenum*, *S. cajamarquense*, *S. commersonii*, *S. coelestipetalum*, *S. microdontum*, *S. huancabambense*, *S. megistacrolobum*, *S. toralapanum*, *S. multiinterruptum*, *S. sogorandinum* y *S. stoloniferum* colectados en Perú, Bolivia, Colombia, Uruguay, Paraguay y México mostraron resistencia cuantitativa. En experimentos adicionales se determinó que *S. acroglossum*, *S. chomatophilum*, *S. chiquidenum*, *S.*

paucissectum, *S. piurae* del grupo Piurana y *S. cajamarquense* del grupo Tuberosa muestran resistencia específica y no específica al tizón tardío. Se está utilizando la técnica de rescate de embriones para conseguir híbridos inter específicos con resistencia a la enfermedad cuando se presentan barreras de incompatibilidad polen – pistilo.

El CIP desde su fundación, incluyó entre sus objetivos principales el desarrollo de variedades con resistencia duradera al tizón tardío y adaptación a una diversidad amplia de ambientes en los países en desarrollo. A inicios de los años 90 se empezó a desarrollar la población de mejoramiento B obtenida por selección recurrente recíproca con prueba de progenies y se logró obtener genotipos sin presencia de genes R, con altos rendimientos, excelente calidad agronómica para consumo fresco e industria y adaptación a diversos ambientes. En el Perú las evaluaciones para resistencia se hacen en dos localidades endémicas de la vertiente oriental de la Sierra Central del Perú (Comas y Oxapampa) y para adaptación se hacen pruebas en La Molina (zonas áridas), Huancayo (zona andina) y San Ramón (Trópicos medios). Los clones avanzados se distribuyen a los programas nacionales de papa de los países en desarrollo para su evaluación y liberación posterior como variedades de papa. Actualmente

diferentes clones avanzados se encuentran libres de virus y están disponibles para su distribución (Tablas 1 y 2).

Tabla 1 - Clones avanzados CIP con piel de color.

Clones	Color de piel	Color de pulpa	Clones	Color de piel	Color de pulpa
392634.52	Morado	Blanco	393385.57	Rojo	Crema
393339.242	Morado	Crema	393280.57	Rojo	Crema
393382.44	Rojo	Amarillo	391585.5	Rosado /crema	Blanco
393280.64	Rojo	Crema	393083.2	Rosado /crema	Crema
393385.39	Rojo	Crema			

Fuente: Gastelo, M. 2006. Centro Internacional de la Papa. Lima –Perú

En estudios sobre la complementación de la resistencia genética con el control químico realizado en campo de agricultores, las fumigaciones contra el tizón tardío se redujeron a un tercio del total utilizado en una variedad susceptible. En algunos experimentos participativos se logró obtener altos rendimientos con solo dos a 4 aplicaciones de fungicidas de contacto aún en extremas condiciones de la enfermedad. Es indudable que el uso de nuevas variedades con resistencia horizontal al tizón tardío, no sólo reduce el costo de producción del cultivo sino también, aumenta las áreas de producción,

reduce la contaminación ambiental y permite la producción sostenible de papa especialmente en países menos desarrollados.

Tabla 2 - Clones avanzados CIP con piel color crema.

Clones CIP	Color de piel	Color de pulpa	Clones CIP	Color de piel	Color pulpa
391011.17	Crema	Amarillo	392617.54	Crema / rosado	Blanco
391058.175	Crema	Amarillo	392657.8	Crema / rosado	Blanco
391580.3	Crema	Amarillo	393371.58	Crema / rosado	Blanco
392633.64	Crema	Amarillo	391585.167	Crema / rosado	Crema
393248.55	Crema	Blanco	392637.1	Crema / rosado	Crema
391583.25	Crema	Crema	392637.27	Crema / rosado	Crema
392633.54	Crema	Crema	393077.159	Crema / rosado	Crema
392657.171	Crema	Crema	393084.31	Crema / rosado	Crema
393075.54	Crema	Crema	393371.157	Crema / rosado	Crema
393079.24	Crema	Crema	393371.164	Crema / rosado	Crema
393079.4	Crema	Crema	393385.47	Crema / rosado	Crema
393242.5	Crema	Crema	393220.54	Crema / rosado	Crema
393077.54	Crema / pie	Blanco	393073.197	Crema / russet	Crema
393085.5	Crema / russet	Crema			

Fuente: Gastelo, M. 2006. Centro Internacional de la Papa. Lima -Perú

El CIP y otros colaboradores están validando una versión modificada de un simulador desarrollado en la Universidad de Cornell (USA) con la finalidad de evaluar y desarrollar posibles estrategias de manejo de la enfermedad, evitando largos y costosos ensayos de campo. Estos trabajos permiten incrementar el número de estrategias que pueden ser evaluadas y sólo se seleccionan las más prometedoras para ser probadas en el campo.

Se están desarrollando sistemas simples de toma de decisiones que ayudan a los agricultores de los países en desarrollo a decidir el momento de aplicación de fungicidas. Los umbrales de precipitación requieren de equipos simples para ser medidos y son aceptados por los agricultores. El concepto de que la lluvia lava el producto del follaje es fácilmente entendido por agricultores, técnicos y personal relacionado con el manejo de la enfermedad.

En experimentos realizados en zonas endémicas utilizando clones con resistencia horizontal y fungicidas de contacto, se redujeron las aspersiones al 50 % en comparación a las efectuadas en las variedades susceptibles. Estos resultados se lograron cuando se tuvo como parámetros de aplicación los umbrales de precipitación de 30 y 40 mm.

El proyecto de Manejo Integrado del Tizón Tardío adaptó en 1997, las Escuelas de Campo para Agricultores (ECAs) como metodología de investigación y capacitación a agricultores destinados a desarrollar tecnologías para el manejo del tizón tardío. Un estudio de impacto de esta metodología después de siete años de ejecución demostró que los principales beneficios logrados con las ECAs son, el incremento en el rendimiento debido a la introducción de variedades resistentes al tizón y el incremento en el conocimiento de los agricultores como resultado de la educación recibida. Se estimó en este caso, que los agricultores incrementaron sus ganancias en \$235 por hectárea. No se pudo confirmar la reducción del uso de pesticidas, sin embargo, los participantes de las ECAs no usaron Metalaxyl debido a que tuvieron en cuenta el conocimiento aprendido sobre el patógeno durante la capacitación. Los agricultores incrementaron sus capacidades en la toma de decisiones y muchas de las lecciones aprendidas son actualmente usadas para otros propósitos en su vida diaria. Agricultores que no participaron de las Escuelas al ver el comportamiento de los clones en el campo, mostraron su deseo de ser parte de una ECA y de adquirir semilla para sembrarla en sus terrenos. Actualmente se ha formado la Asociación de

Facilitadores Locales de las Escuelas de Campo, quienes han decidido producir tubérculos semilla de las variedades o clones seleccionados por ellos para abastecer la demanda que solicita la provincia.

Referencias

ANDRADE-PIEDRA, J.L. et al. Simulation of potato late blight in the Andes. I: Modification and parameterization of the LATEBLIGHT model. **Phytopathology**, v. 95, p. 1191-1199, 2005.

ANDRADE-PIEDRA, J.L. et al. Simulation of potato late blight in the Andes. II: Validation of the LATEBLIGHT model. **Phytopathology**, v. 95, p. 1200-1208, 2005.

ANDRADE-PIEDRA, J.L. et al. Qualification of a plant disease simulation model: Performance of the LATEBLIGHT model across a broad range of environments. **Phytopathology**, v. 95, p. 1412-1422, 2005.

BAILOLÓN, Y.; OTAZÚ, V. Aspectos económicos en el control de rancho (*Phytophthora infestans*) en dos zonas con diferentes niveles de incidencia. **Fitopatología**, v. 22, p. 59-60, 1987.

FORBES, G.A.; JARVIS, M.C. Host resistance for management of potato late blight. In: ZEHNDER, G. et al. (Eds.). **Advances in plant pathology**. Minnesota:American Phytopathological Society, p. 439-457, 1994.

FORBES, G. Control integrado del tizón tardío de la papa en las áreas elevadas del trópico. Lima (Peru). CIP. p. 45-48, 1997.

FORBES, G. Aplicación de fungicidas en base a umbrales de precipitación: Un ejemplo del papel de la simulación de enfermedades de plantas en el manejo del tizón tardío de la papa. Lima (Peru). CIP. Iniciativa Global para el Tizon Tardio (GILB). p. 151-155, 2002.

FORBES, G. Resistencia a los fungicidas: Teoría y practica. Lima (Peru). CIP. Iniciativa Global para el Tizon Tardio (GILB). p. 77-80, 2002.

HIJMANS, R. et al. Estimating the Global Severity of Potato Late Blight with a GIS-Linked Disease Forecaster. **Plant Pathology**, v. 49, p. 697-705, 2000.

GASTELO, B.M.; LANDEO, J. Determination of the minimum number of contact fungicide applications in varieties with horizontal resistance to late blight (*Phytophthora infestans*). Pages 117-118 In:

Proceedings of the Global Initiative on Late Blight (GILB) Conference, Quito-Ecuador, v. I., p. 117-118, 1998.

ORTIZ, O. et al. La percepción de los agricultores sobre el problema de tizón tardío o rancho (*Phytophthora infestans*) y su manejo: Estudio de casos en Cajamarca, Perú. **Revista Latinoamericana de la Papa**. v. 11, p. 97-120, 1999.

ORTIZ, O. Farmers knowledge and practices regarding fungicide use for late blight control in the Andes. In: Proceedings of the International Workshop, Complementing Resistance to Late Blight (*Phytophthora Infestans*) in the Andes. Lima:GILBB/CIP, p. 45-56, 2001.

OTAZÚ, V. Orientación en el uso del control químico de *Phytophthora infestans* a los productores de semilla de papa de Huasahuasi-Perú. Memorias XIX Congreso de la ALAP, 2000.

PALOMINO, A.H.; OTAZÚ, V. Tipos de resistencia a *Phytophthora infestans* en algunas variedades peruanas de papa. **Fitopatología**, v. 22, p. 56, 1987.

PÉREZ, W. et al. Evaluation of wild potato species for resistance to late blight. Lima:CIP, p. 49-62, 2001.

- PÉREZ, W. et al. Genetic Structure of Peruvian Populations of *Phytophthora infestans*. **Phytopathology**, v. 91, p. 956-965, 2001.
- TAIPE, M.V., FORBES, G. Umbrales de precipitación. Lima:ALAP, p. 114, 2002.
- WUFF, E.G. et al. Comparative analysis of new sources of late blight resistance using phenotypic and molecular genetic approaches **Acta Horticulturae**, v. 619, p. 23-29, 2003.