

Prácticas Culturales para el Manejo del Tizón Tardío de la Papa

K.A. Garrett y S.P. Dendy¹

Resumen

En el presente artículo se hace una revisión de aquellas prácticas culturales que son útiles para el manejo del tizón de la papa. Durante la época de cultivo, se puede reducir la diseminación de la enfermedad usando semilla sana, extrayendo las plantas voluntarias infectadas, aporcando con volúmenes convenientes de tierra y utilizando métodos apropiados de cosecha y almacenamiento. La técnica de aporque ofrece muchas oportunidades para el mejoramiento cultural, así como para la investigación del porqué áreas tales como las de Ecuador tienen poco tizón en los tubérculos. A menudo, una mayor densidad de siembra da como resultado niveles altos de enfermedad, pero para el tizón este efecto parece ser insignificante. El cultivo asociado y las mezclas de cultivares de papa ofrecen ciertas posibilidades de manejo, particularmente en combinación con fungicidas o en áreas de baja presión de inóculo. El manejo de los nutrientes para obtener plantas sanas es probablemente también conveniente contra el tizón. Deberá evitarse el uso de un exceso de nitrógeno, puesto que este elemento puede beneficiar al patógeno. El mejor enfoque para el manejo puede ser la combinación de prácticas culturales. A menudo estas ofrecen posibilidades atractivas de experimentación, pero se debe tener cuidado al diseñar los estudios y al interpretarlos.

Abstract

Garrett, K.A., and Dendy, S.P. 2001. Cultural practices in the potato late blight management. Pages in: Proceedings of the International Workshop on Complementing Resistance to Late Blight (*Phytophthora infestans*) in the Andes. February 13-16, 2001, Cochabamba, Bolivia. GILB Latin American Workshops 1. E.N. Fernández-Northcote, ed. International Potato Center, Lima, Peru.

Cultural practices useful for the management of potato late blight are reviewed. Throughout the growing season, the spread of disease can be reduced by using clean seed, removing infected volunteers, hilling with adequate amounts of soil, and using appropriate harvest and storage methods. Hilling techniques offer many opportunities for cultural improvements, in particular for research into why areas such as Ecuador have so little tuber blight. Higher planting densities often result in higher disease levels, but for late blight this effect appears to be slight. Intercropping and potato mixtures offer some management possibilities, particularly in combination with fungicides or in areas where inoculum pressure is lower. Management of nutrients for healthy potato plants is probably the best use of nutrients for late blight, as well. Use of excess nitrogen should be avoided, since this may benefit the pathogen. Combinations of useful cultural practices may be the best approach for management. Cultural practices offer attractive possibilities for experimentation by farmers, but care must be taken in designing and interpreting studies.

Introducción

Las prácticas culturales pueden servir para reducir la población del patógeno, reduciendo su sobrevivencia, dispersión y reproducción. La supervivencia de *Phytophthora infestans* necesaria para iniciar una epidemia se puede reducir a través del uso de semilla sana, aporque efectivo y remoción de plantas voluntarias infectadas o descarte de tubérculos infectados. La dispersión de *P. infestans* a un campo nuevo se puede reducir sembrando en una época en que las condiciones son menos favorables para la enfermedad. La reproducción de *P. infestans* se puede reducir dramáticamente si se usan cultivares resistentes y fungicidas. Otros componentes del manejo que pueden contribuir a reducir la reproducción incluyen la reducción de la

¹ Department of Plant Pathology 4024, Throckmorton Plant Science Center, Kansas State University, Manhattan, KS 66506, USA.
E-mail: kgarret@ksu.edu

densidad, mezcla de cultivares más susceptibles con cultivares más resistentes, cultivo asociado con otras especies y asegurando una óptima nutrición de la planta. Los componentes de manejo tales como el uso de mezclas de cultivares y de cultivos asociados pueden ser más efectivos en reducir la infección cuando se usan en combinación con otros componentes, tales como resistencia y fungicidas, los cuales previenen que la epidemia destruya rápidamente los cultivos. Asimismo, si el manejo sobre la base regional se vuelve más efectivo en el sentido que haya menos inóculo para iniciar y mantener la epidemia, la eficacia de las prácticas culturales en campos individuales generalmente se incrementará.

Manejo a lo largo de la temporada de cultivo: semilla sana, remoción de plantas voluntarias, aporque, riego, destrucción de plantas al final del cultivo, cosecha y almacenamiento

El uso de semilla libre de infección ayuda a demorar el progreso de la epidemia (Bambawale et al., 1989; Draper et al., 1994; Leach et al., 1986). Aunque los tubérculos semilla pueden no producir una gran cantidad de inóculo que llegue al follaje, un pequeño número de infecciones foliares pueden producir pérdidas importantes cuando las condiciones ambientales son favorables para la enfermedad (Bonde y Schultz, 1943; Franc, 1997; Sato, 1980). Las plantas voluntarias provenientes de tubérculos dejados en el campo después de la cosecha, pueden ser una fuerte importante de infección, por lo tanto se deben destruir las plantas voluntarias de papa usando herbicidas o métodos mecánicos (University of California, 1986; Leach et al., 1986) y extraer del campo todos los tubérculos que no han sido cosechados, porque el salpicado de las esporas a partir de tubérculos infectados en el suelo hacia las hojas puede causar infección del follaje (Sato, 1980).

El aporque es una importante medida de control. Las papas que crecen en parcelas planas tienden a tener significativamente mayor cantidad de follaje afectado que las que crecen en camellones (Boyd, 1980). El aporque reduce la probabilidad de infección del tubérculo una vez que se ha infectado el follaje. Las esporas que se desprenden del follaje infectado pueden infectar los tubérculos si es que el agua conteniendo esporas llega a los tubérculos a través de las resquebrajaduras del suelo, de los espacios alrededor del tallo, o por infiltración a través de la capa poco profunda de suelo que cubren los tubérculos. El cubrir los tubérculos convenientemente con tierra, reduce significativamente la incidencia de tizón en el tubérculo (Lapwood, 1977). La infectividad del suelo disminuye rápidamente con la profundidad (Lacey, 1965; Sato 1980). Bambawale et al. (1989) recomendaron un aporque de por lo menos 10 cm, pero cuanto más profundo es probablemente mejor, puesto que los suelos pueden ser infectivos después de una lluvia aún a 20 cm de profundidad (Lacey, 1965). Los tubérculos deben permanecer cubiertos adecuadamente con tierra hasta la cosecha (Boyd, 1980; University of California, 1986; Lapwood, 1977).

Una interesante diferencia epidemiológica entre áreas tales como Perú y Ecuador es que el tizón en los tubérculos generalmente no se encuentra en Ecuador (G.A.Forbes, comunicación personal). Estudios orientados a conocer a que se debe esta diferencia podrían ser una valiosa contribución al manejo del tizón tardío. Si es que la diferencia se debe a técnicas de aporque o a la microflora del suelo en Ecuador que produce efectos supresivos, puede ser posible también reproducir el ambiente necesario para la supresión en otras regiones.

Un exceso de riego puede favorecer las condiciones de desarrollo de la enfermedad. En general es probablemente mejor evitar o minimizar el riego por aspersión (Draper et al., 1994; Franc, 1997), la irrigación nocturna (Draper et al., 1994) y restringir los riegos si se observan síntomas de tizón (Bambawale et al., 1989).

Se debe matar el follaje y extraerlo antes de la cosecha para prevenir que las esporas que infectan el follaje se pongan en contacto con los tubérculos durante la cosecha (Frank, 1997). El manejo integrado para papa en el Oeste de USA (*IPM for Potatoes in the Western United States*- University of California, 1986), recomienda matar el follaje dos semanas antes de la cosecha. Misener et al. (1990) reportó que en Canadá no se encontró diferencias en tizón entre campos en los que se mataron las plantas arrancándolas o por desecación con diquat, pero hubo un incremento de tizón en el tubérculo cuando ambos métodos se usaron juntos.

Puesto que las condiciones de humedad promueven la infección, hay que evitar la cosecha bajo estas condiciones (University of California, 1986). Los tubérculos cosechados deben protegerse de la lluvia y ser recogidos del campo inmediatamente. Si se demora la cosecha y hay indicios de lluvia se deben cubrir los tubérculos con tierra suficiente (Bambawale et al., 1989). Debe evitarse en lo posible las magulladuras y peladuras de los tubérculos. El estado asexual de *P.infestans* sobrevive en tejido vivo como el del tubérculo (Franc, 1997). La infección de tubérculo a tubérculo es posible en almacenaje (Deahl, 1995). La resistencia al tizón del tubérculo puede disminuir en almacenamiento (Dorrance, 1998). Los brotes que no han sido

expuestos a la luz pueden ser más susceptibles (Deahl, 1995). En una prueba sobre condiciones simuladas de manipuleo y almacenamiento en oscuridad, sólo el 7% de los tubérculos fueron afectados, mientras que 95 – 100% de los brotes que emergieron en oscuridad fueron afectados (Deahl, 1995). Si más del 5% de tubérculos están infectados, el cultivo no es almacenable (Draper *et al.*, 1994). Si fuera necesario se pueden almacenar tubérculos infectados pero sólo por tiempo corto y con buen movimiento de aire. Separar los tubérculos infectados antes de almacenar. Descartar en lo posible los tubérculos infectados o almacenarlos donde puedan ser fácilmente extraídos y usados para alimento del ganado. Los tubérculos deben estar secos al momento de almacenarlos. Si estuvieran húmedos, se debe aumentar la ventilación para que se sequen lo más rápido posible. Evitar condensación de la humedad y temperaturas altas en la estructura de almacenaje (University of California, 1986; Deahl, 1995; Dorrance, 1998).

Densidad de siembra

En general, una alta densidad de plantas da por resultado mayores niveles de enfermedad (Burdon and Chilvers, 1982), pero este efecto no es del todo consistente (Dill-Macky and Roelfs, 2000; Finckh *et al.*, 1999; Garret and Mund, 2000a; Pflieger & Mundt, 1998). Una razón para que los resultados sean inconsistentes es que las diferencias en la densidad de plantas pueden ser grandes al comienzo del periodo de cultivo, pero se reducen a medida que avanza la estación y las plantas crecen para compensar por la baja de densidad (Pflieger and Mundt, 1988). También, la influencia que tiene el volumen del follaje puede variar de un ambiente a otro.

Diversos estudios han mostrado que las plantas jóvenes y las más viejas son más susceptibles que las de edad intermedia (Franc, 1997; referencias en Fry y Apple, 1986). Fry y Apple (1986) encontraron que en 11 cultivares la epidemia se dispersó más rápido en las plantas más viejas que en las más jóvenes y este progreso más rápido de la epidemia fue más pronunciado en los cultivares tardíos que en los precoces. En el campo, los cambios en susceptibilidad pueden estar relacionados con los cambios en el volumen del follaje a medida de que las plantas envejecen. Un follaje denso puede dejar correr la lluvia entre los surcos alejando las esporas de la base de la planta y disminuyendo el transporte de esporas hacia los tubérculos (Lapwood, 1977). Un follaje más ralo puede permitir una mayor infiltración de la lluvia. El follaje puede ser ralo en plantas jóvenes o también en las plantas viejas después de que ha sido parcialmente destruido por la enfermedad. Por otro lado, un follaje denso también aumenta la humedad relativa, alrededor de las plantas, creando un microclima más favorable para el patógeno (Fry and Apple, 1986; Latin, 1980). Un follaje denso también dificulta la cobertura total de las hojas por los fungicidas aplicados. La lluvia puede tener un efecto muy grande en el incremento de la enfermedad después de que se ha formado todo el follaje, probablemente debido a la persistencia de una alta humedad relativa entre el follaje (Hirst & Stedman, 1960).

Un estudio sobre el tizón tardío en el área de Quito, duplicando la típica densidad de 25,000 plantas/ha (haciéndolo así más similar a las densidades usadas en USA) resultó en un pequeño incremento de la enfermedad (Garrett *et al.*, 2001). Este estudio no señala los posibles efectos de la reducción en la densidad, pero al reducirla más allá de lo típico - a menos que se haga para combinar papa con otros cultivos - puede no ser práctico debido a la reducción en los rendimientos por área. Karalus (1998) no encontró diferencias en cuanto a la destrucción del follaje por tizón tardío en Alemania a densidades de 38,000, 45,000, 52,000 o 59,000 plantas/ha a pesar de que hubo un pequeño incremento en la destrucción de hojas por la mancha foliar *Alternaria* spp. a las dos densidades más bajas. Hubo además en el estudio un incremento significativo pero ligero en la destrucción del follaje por enfermedades (incluyendo tizón tardío), a 59,000 plantas/ha comparado con 38,000 plantas/ha.

Uso de diversidad genética: cultivos asociados, mezclas, rotación

Asociando el cultivo de papa con cultivos inmunes al tizón tardío, práctica tradicional en muchas áreas de los Andes (Rhoades & Bebbington, 1990), puede ayudar a reducir la reproducción de *P. infestans*, puesto que muchas de las esporas van a caer sobre plantas inmunes (Leonard, 1969). Además, si la especie de planta con la que se ha asociado es de mayor tamaño que la planta de papa, puede servir de barrera física al movimiento de esporas entre plantas. El asociar especies puede también influir en el tizón a través del efecto sobre el microclima alrededor de las plantas de papa: si se produce un microclima con menor humedad que aquel existente en un monocultivo de papa, la severidad del tizón puede reducirse. Contrariamente si se crea un ambiente más húmedo, la severidad puede incrementarse. Los estimados en la reducción de tizón debido a la asociación con cultivo de habas son un 62% en el Valle Jordán (Saraiha *et al.*, 1989) y un 5% de

reducción de la severidad cerca de Quito, Ecuador. Se ha reportado un incremento en el rendimiento en cultivos asociados con caña de azúcar, a pesar de que el tizón no se redujo (Ricaud, 1982).

El sembrar mezclas de papa puede tener efectos similares a los de los cultivos asociados cuando se siembran juntos cultivares altamente resistentes y cultivares susceptibles. El efecto de la diversidad del hospedante es una alternativa promisoría en áreas templadas como las que se presentan en Francia (D.Andrion, comunicación personal) y USA (Garrett and Mundt, 2000b), Esta puede ser una buena estrategia cuando existe la posibilidad de combinar cultivares susceptibles particularmente valiosos con cultivares más resistentes. También sería posible reducir las poblaciones del patógeno usando combinaciones de cultivares o progenies de semilla sexual con genes mayores de resistencia diferentes, aunque en Ecuador se han encontrado poblaciones de *P. infestans* con un alto grado de virulencia específica en ausencia de selección (Forbes et al.,1997). Los efectos de la diversidad de papa sobre el tizón, en un estudio cerca de Quito, Ecuador, fueron menos promisorios que aquellos observados en áreas templadas (Garrett et al., 2001). El uso de mezclas de cultivares sin aplicación de fungicidas, sólo fue útil para reducir el tizón en uno de tres lugares. El lugar con mayor efecto fue el que estuvo más distante de la zona de producción de papa, probablemente con los más bajos niveles de inóculo foráneo ingresando al campo. Los altos niveles de inóculo foráneo pueden reducir el efecto de mezcla de cultivares para el manejo de la enfermedad (Wolfe, 1985). En un estudio sumario de los efectos de la diversidad del hospedante sobre el tizón tardío de la papa en diferentes condiciones ambientales (Garrett et al., en preparación), parece que los ambientes que contienen niveles altos de inóculo foráneo tienden a obtener muy poco beneficio de las mezclas.

La rotación de cultivos y el barbecho son prácticas tradicionales para el control de algunas enfermedades, como la del nematodo del quiste. Los agricultores andinos han empleado camellones, barbechos largos y rotación con otros cultivos de tubérculo para el control de esta plaga (Thurston, 1990). El efecto de la rotación sobre las plagas o enfermedades en las plantas depende del suelo, el clima, plagas y enfermedades existentes, cultivos habituales y el orden en el que son sembrados los diferentes cultivos. J.Vos et al. (1989) es una referencia interesante para una revisión amplia de las ventajas y los inconvenientes de la rotación con papa en climas templados. Una rotación inapropiada puede incrementar significativamente los problemas causados por patógenos de suelo, por ejemplo, la fase de chancro de los estolones de la papa causada por *Rhizoctonia* en las regiones templadas ha sido más severa después de un cultivo de remolacha azucarera o de alfalfa (Sieczka, 1989).

Nutrientes

La deficiencia de nutrientes en una planta puede disminuir su tolerancia a las enfermedades y plagas. La susceptibilidad a las enfermedades tiende a ser más afectada por el estado nutricional de la planta, en cultivares que son parcialmente resistentes o moderadamente susceptibles que en cultivares que son muy resistentes o muy susceptibles (Marschner, 1995). En algunos casos un exceso de nutrientes puede llevar a un incremento de la susceptibilidad a una enfermedad. (Marschner, 1995).

En general se cree que un incremento de nitrógeno aumenta la infección de hongos parásitos obligados y disminuye la infección de hongos parásitos facultativos (Marschner, 1995). Un aumento en el nivel de nitrógeno puede alterar la bioquímica foliar. Por ejemplo, una mayor cantidad de nitrógeno puede bajar el nivel de fenol en las hojas, disminuyendo el efecto fungistático de este producto químico. El aumento de nitrógeno conduce a un mayor crecimiento de los brotes y a una mayor proporción de tejido joven, lo cual puede favorecer el desarrollo de la enfermedad (Marschner, 1995). Varios investigadores han encontrado que un incremento de la fertilización nitrogenada aumenta la infección por *P. infestans* en papa (Awan, and Struchtmeyer, 1957; Herlihy, and Carroll,1969; Herlihy, 1970; Phukan, 1993), pero esto no siempre ha sido observado (Lambert, and Salas, 1969). Herlihy y Carroll (1969) y Herlihy (1970) encontraron en pruebas de campo realizadas en Irlanda que el tizón a los tubérculos aumentó con el incremento de nitrógeno. En estudios de invernadero en India, Phukan (1993) encontró un aumento en el diámetro de las lesiones en las hojas con la adición de fertilizante nitrogenado. El incremento de la enfermedad en las hojas puede dar como resultado que un mayor número de esporas caigan y penetren al suelo para infectar los tubérculos. Debido a que la madurez del tubérculo avanza a bajas concentraciones de nitrógeno y el tubérculo maduro es menos susceptible al tizón, el agregar nitrógeno muy temprano en la estación puede demorar la maduración del tubérculo e incrementar la enfermedad (Herlihy, 1970). Dependiendo de la forma del fertilizante nitrogenado (urea, nitrato o amonio), el efecto diferencial sobre la incidencia de tizón tardío no está claro (referencias en Walerych et al., 1970). El nitrato y el amonio pueden tener efectos opuestos sobre la misma enfermedad fungosa en el mismo hospedante en muchos sistemas hospedante / parásito (Huber, and Watson, 1974. Cuadro 1). Aunque los niveles de nitrógeno no deben ser tan bajos que causen detrimento en

la planta, parece ser mejor evitar una sobre fertilización y también no aplicar nitrógeno muy temprano durante la época de cultivo.

Cuadro 1. Efectos del nitrato vs. amonio sobre la incidencia de algunas enfermedades de la papa (Huber & Watson, 1974)

Patógeno	Enfermedad	Nitrato	Amonio
<i>Rhizoctonia</i>	Pudrición del tallo y la raíz	-*	+
<i>Streptomyces</i>	Sarna	+	-
<i>Verticillium</i>	Marchitez fungosa	+	-
<i>Corynebacterium</i>	Pudrición anular	+	-
Virus X de la papa			-
Virus Y de la papa			-

+ = Aumenta la enfermedad; - = Disminuye la enfermedad.

Muchos estudios indican que el incremento de fósforo disminuye la incidencia de tizón tardío, disminuye el tamaño de la lesión y aumenta la resistencia (Awan, and Struchtmeier, 1957; Borys, 1966; Herlihy, and Carroll, 1969; Herlihy, 1970; Wojciechowski et al., 1964). Se han observado efectos de una menor presencia de enfermedad tanto en hojas como en los tubérculos a medida que se aumenta el fósforo, pero no siempre se ha encontrado que un incremento de fósforo afecte a la enfermedad (Phukan, 1993).

El incremento de potasio puede disminuir los niveles de tizón. Awan y Struchtmeier (1957) encontraron que un incremento de potasio disminuyó el tamaño de las lesiones y redujo marcadamente la presencia y el avance de la enfermedad. Szczotka et al. (1973) encontraron que un incremento de potasio produjo disminución de la susceptibilidad. Phukan (1993) encontró resultados opuestos, o sea que una cantidad mayor de potasio condujo a un incremento en el crecimiento de las lesiones. Herlihy y Carroll (1969) no encontraron ningún efecto del incremento de potasio sobre la incidencia de tizón al tubérculo en pruebas de campo. Los efectos benéficos que se han experimentado al agregar potasio se observan generalmente cuando se corrige la deficiencia, por lo tanto, el incrementar potasio más allá de los niveles necesarios para un crecimiento normal, en general no proporcionan ningún beneficio adicional frente a la enfermedad (Marschner, 1995).

Otros nutrientes pueden también jugar un rol importante sobre la severidad de la enfermedad. La deficiencia de calcio puede llevar a un incremento en la susceptibilidad, ya que el Ca^{++} inhibe las enzimas pectolíticas que permiten la invasión de la planta por hongos. La deficiencia de calcio puede incrementar la permeabilidad de la membrana (Marschner, 1995). El boro, el manganeso y el cobre son importantes para el metabolismo del fenol y la biosíntesis de la lignina. La deficiencia de zinc puede conducir a la filtración de los azúcares hacia la superficie de las hojas, lo cual estimularía la germinación de las esporas. Un exceso de cloro puede disminuir la resistencia de la papa a *P. infestans* (referencias en Borys, 1966), pero en general el efecto del cloro sobre las enfermedades de las plantas no está claro (Marschner, 1995). Las deficiencias severas de micro nutrientes deben probablemente corregirse hasta un nivel de suficiencia.

Combinación de los componentes e interpretación de las investigaciones

Mientras que es muy fácil experimentar con los efectos de las prácticas culturales separadamente, las mayores ventajas se pueden obtener usándolas en combinaciones óptimas. Cualquier práctica que ayude a reducir la cantidad de inóculo presente en un campo de papa, puede ayudar a que otras prácticas sean más efectivas. Del mismo modo, el mejor manejo a escala regional puede beneficiar a toda una región a la medida de que los niveles de inóculo disminuyen. Sería muy útil tener estudios sobre diseminación de *P. infestans* a niveles más panorámicos, como el de Zwankhuisen et al. (1988) en Holanda.

En un estudio cerca de Quito, Ecuador, sobre la combinación de prácticas de manejo (Garrett et al., 2001), se muestran ejemplos de los mejores resultados obtenidos empleando algunas combinaciones (Cuadro 2). Aunque la combinación del uso de fungicidas y mezcla de cultivares ha sido rara vez estudiada (una excepción: Kousik et al., 1996), el efecto de las mezclas fue mayor cuando se emplearon fungicidas en todos los lugares en estudio (Garrett et al., 2001). La comparación de las combinaciones de los tratamientos en la Tabla 2 da una idea de la relativa magnitud de los efectos, pero sólo una idea general. Por ejemplo, una prueba estadística más formal en la que el efecto de las mezclas es mayor cuando se usan fungicidas, está basada en la comparación del efecto relativo de las mezclas con o sin fungicidas; esta prueba ha sido usada

para llegar a la conclusión de que las mezclas funcionaron mejor en las cercanías de Quito cuando se usaron fungicidas (Garrett et al., 2001).

Cuadro 2. Efectividad de las prácticas de manejo de enfermedades y su combinación sobre el tizón de la papa causado por *Phytophthora infestans* basada en las respuestas obtenidas en tres lugares de investigación cerca de Quito, Ecuador. Entradas en la Tabla [(promedio de la observación – promedio de la predicción bajo la hipótesis nula de su efecto)/promedio de la predicción bajo la hipótesis nula de sin efecto]] x 100. Reproducido de Garrett et al., 2001

Componente (s)	% Cambio en AUDPC ^a			% Cambio en Rendimiento		
	Promedio	Sitio mejor	Sitio peor	Promedio	Sitio mejor	Sitio peor
Resistencia ^b	-53	-72	-35	+158	+236	+76
Fungicidas ^c	-45	-63	-34	+441	+1142	+76
Densidad ^d	-3	-4	-2	-2	0	-3
Cultivo asociado ^e	-5	-8	-2	NA ^e	NA	NA
Diversidad de hospedante ^f	-4	-23	+14	-3	+27	-19
Resistencia + Fungicidas ^g	-91	-96	-85	+4026	+11167	+359
Diversidad + Fungicidas ^h	-75	-86	-56	+187	+298	+128
Diversidad + Densidad ⁱ	-18	-32	+12	-11	+12	-29

^a AUDPC truncado: truncado en el momento en que el tratamiento más afectado alcanzó 90% de área de follaje afectado.

^b Cultivar Santa Catalina (resistente) vs. cultivar Uvilla (susceptible), sin fungicida.

^c Uvilla con aplicación semanal de fungicidas vs. Uvilla sin aplicación de fungicidas.

^d Uvilla sembrado a densidad estándar vs. Uvilla sembrado a alta densidad.

^e El análisis de rendimiento de papa en cultivo asociado papa-haba fue inapropiado debido al escaso número de plantas de haba.

^f Mezcla de Uvilla y Santa Catalina vs. peso promedio de plantas de genotipos simples.

^g Santa Catalina con aplicaciones semanales de fungicida vs. Uvilla sin aplicación de fungicidas.

^h Mezcla de Uvilla y Santa Catalina con aplicaciones semanales de fungicida a la mezcla de ambos cultivares vs. peso promedio de plantas de un solo genotipo sin aplicación de fungicidas.

ⁱ Mezclas a densidad estándar de Uvilla y Santa Catalina vs. peso promedio de conjuntos de un solo genotipo a alta densidad.

La interacción entre el uso de mezclas de cultivares y la alteración de la densidad de plantas en el campo, ha sido muy poco estudiada. Una alta densidad de siembra puede dar por resultado un enorme efecto de mezclas, porque las unidades de tejido susceptible se van a presentar en áreas más reducidas (revisado en Garrett, and Mundt, 1999). Por otra parte, la dispersión del inóculo se reduciría en un follaje más denso, de tal manera que una mayor cantidad de inóculo se quedaría en tejido susceptible reduciendo como consecuencia el efecto de mezcla. Para la roya listada del trigo, una densidad intermedia de siembra produjo el mayor efecto de mezcla en la reducción de la enfermedad y el efecto a diferentes densidades fue notable (Garrett and Mundt, 2000a). En un estudio sobre el tizón tardío de la papa cerca de Quito, el hecho de incrementar la densidad de siembra no influyó sobre el efecto de la diversidad del hospedante (Garrett et al., 2001).

Los esfuerzos para mejorar los métodos culturales permiten muchas oportunidades para que los productores exploren posibilidades de manejo, ya sea en las escuelas de campo o independientemente. Pero existen algunos puntos que tomar en cuenta cuando se discuten e interpretan los resultados para estimar los efectos de las distintas técnicas de manejo. Cuando se considera en combinación técnicas múltiples de manejo, la interpretación es mucho más sencilla si cada técnica está incluida en el estudio tanto independientemente como combinadamente. Por ejemplo, si en un estudio regional se consideran juntas dos alturas de aporque y dos densidades de siembra, cada altura de aporque debe ser comparada con cada densidad de siembra. Si un experimento incluyó solamente mayor altura de aporque + alta densidad de siembra en comparación con menor altura de aporque + menor densidad, no sería posible determinar que sea la altura del aporque o la densidad de siembra lo que determinó la diferencia en los resultados. Las mezclas ofrecen un nivel más de complejidad. Para determinar si la mezcla tiene efecto útil sobre la enfermedad o sobre el rendimiento, cada cultivar incluido en la mezcla debe sembrarse también individualmente de tal manera que el promedio de peso de las respuestas del cultivar individualmente pueda ser comparada con la respuesta obtenida en la mezcla. Si la combinación del efecto mezcla y otro componente de manejo puede ser de interés, por ejemplo, el uso de fungicidas, la interpretación es mucho más sencilla si cada uno de los cultivares de la mezcla está incluido en el estudio a cada nivel de aplicación de fungicida. Aunque los experimentos con componentes de prácticas culturales pueden requerir de la inclusión de muchos tratamientos para una interpretación clara, también son muy importantes en el ámbito

regional o local los estudios de las combinaciones de prácticas culturales para determinar técnicas óptimas de manejo.

Literatura citada

Awan, A. B., and Struchtmeier, R. A. 1957. The effect of fertilization on the susceptibility of potatoes to late blight. *Am. Potato J.* 34: 315-319.

Bambawale, O. M., Bhattacharyya, S. K., and Sharma, K. K. 1989. Management of potato late blight in Punjab. *Seeds and Farms* 15: 3-6.

Bonde, R., and Schultz, E. S. 1943. Potato refuse piles as a factor in the dissemination of late blight. *Maine Agricultural Experiment Station Bulletin* No.416.

Borys, M. W. 1966. Influence of H₂PO₄ - nutrition of potato plants on the resistance of their leaves to *Phytophthora infestans* de By. *Phytopath Z* 57: 301-309.

Boyd, A. E. W. 1980. Development of potato blight (*Phytophthora infestans*) after planting infected seed tubers. *Ann. Appl. Biol.* 95: 301-309.

Burdon, J. J., and Chilvers, G. A. 1982. Host density as a factor in plant disease ecology. *Ann. Rev Phytopathol* 20: 143-166.

Deahl, K. L. 1995. Potato tubers role in the late blight complex. *Proceedings National Potato Council Seed Seminar* 14: 10-16.

Dill-Macky, R., and Roelfs, A. P. 2000. The effect of stand density on the development of *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* in barley. *Plant Dis.* 84: 29-34.

Dorrance, A. E. 1998. Assessment of laboratory methods for evaluating potato tubers for resistance to late blight. *Plant Dis.* 82: 442-446.

Draper, M. A., Secor, G. A., Gudmestad, N. C., Lamey, H. A., and Preston, D. 1994. Leaf blight diseases of potato. *NDSU Extension Service Bulletin*.

Finckh, M. R., Gacek, E. S., Czembor, H. J., and Wolfe, M. S. 1999. Host frequency and density effects on powdery mildew and yield in mixtures of barley cultivars. *Plant Pathol.* 48: 807-816.

Forbes, G. A., Escobar X. C, Ayala, C. C., Revelo, J., Ordoñez, M. E., Fry, B. A., Doucett, K., and Fry, W. E. 1997. Population genetic structure of *Phytophthora infestans* in Ecuador. *Phytopathology* 87: 375-380.

Franc, G. D. 1997. Potato late blight management through cultural practices. 1997. The American Phytopathological Society.

Fry, W. E., and Apple, A.E. 1986. Disease management implications of age-related changes in susceptibility of potato foliage to *Phytophthora infestans*. *Am. Potato J.* 63: 47-56.

Garrett, K. A., and Mundt, C. C. 1999. Epidemiology in mixed host populations. *Phytopathology* 89: 984-990.

Garrett, K. A, and Mundt, C. C. 2000a. Effects of planting density and cultivar mixture composition on stripe rust of wheat: an analysis accounting for limits to the replication of controls. *Phytopathology* 90:1313-1321.

Garrett, K. A., and Mundt, C.C. 2000b. Host diversity can reduce potato late blight severity for focal and general patterns of primary inoculum. *Phytopathology* 90:1307-1312.

Garrett, K. A., Nelson, R. J., Mundt, C. C., Chacón, G., Jaramillo, R. E., and Forbes, G. A. 2001. The effects of host diversity and other management components on epidemics of potato late blight in the humid highland tropics. *Phytopathology* 91: 993-1000.

Garrett, K. A., Zúñiga, L.N., Roncal, E., Forbes, G.A., Mundt, C.C., and Nelson, R.J. (in preparation). Effects of host diversity on potato late blight along a geographic gradient.

Herlihy, M. 1970. Contrasting effects of nitrogen and phosphorus on potato tuber blight. *Plant Pathol.* 19: 65-68.

Herlihy, M., and Carroll, P. J. 1969. Effects of N, P, and K and their interactions on yield, tuber blight and quality of potatoes. *J. Sci. Fd. Agric.* 20: 513-517.

- Hirst, J. M., and Stedman, O. J. 1960. The epidemiology of *Phytophthora infestans* I. Climate, ecoclimate, and the phenology of disease outbreak. *Ann. Appl. Bio.* 48: 471-488.
- Huber, D. M., and Watson, R. D. 1974. Nitrogen form and plant disease. *Ann. Rev. Phytopathology* 12: 139-165. 1974.
- Karalus, V. W. 1998. Einfluß der Bestandesdichte auf den Krankheitsbefall bei Kartoffeln im ökologischen Landbau. *Gesunde Pflanzen* 50.
- Kousik, C. S., Sanders, D. C., and Ritchie, D. F. 1996. Mixed genotypes combined with copper sprays to manage bacterial spot of bell peppers. *Phytopathology* 86: 502-508.
- Lacey, J. 1965. The infectivity of soils containing *Phytophthora infestans*. *Ann. Appl. Biol.* 56: 363-380.
- Lambert, D. H., and Salas, B. 1996. Plant Diseases. Pages 119-128 in: *The Ecology, Economics, and Management of Potato Cropping Systems*. M. C. Marra, ed. Maine Agricultural and Forest Experiment Station.
- Lapwood, D. H. 1977. Factors affecting the field infection of potato tubers of different cultivars by blight (*Phytophthora infestans*). *Ann. App. Biol.* 85: 23-42.
- Latin, R. X. 1980. Factors in potato that reduce the rate of epidemic increase of potato late blight. 1980. Ph.D. Thesis, Pennsylvania State University.
- Leach, S. S., Fry, W. E., Loria, R., Storck, R. H., Sweet, R. D., Tette, J. P., White, G. B., and Wright, R. J. 1986. Integrated systems for managing potatoes in the Northeast. 1986. University of Maine at Orono. Maine Agricultural Experiment Station Technical Bulletin No.116. White, G B and Lazarus, S S.
- Leonard, K. J. 1969. Factors affecting rates of stem rust increase in mixed plantings of susceptible and resistant oat varieties. *Phytopathology* 59: 1845-1850.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, San Diego.
- Misener, G., Platt, H. W., and Hodgson, W. A. 1990. Effect of mechanical top pulling and chemical top desiccation on the incidence of late blight tuber rot. *Am. Potato J.* 67: 859-863.
- Pfleeger, T. G., and Mundt, C.C. 1998. Wheat leaf rust severity as affected by plant density and species proportion in simple communities of wheat and wild oats. *Phytopathology* 88: 708-714.
- Phukan, S. N. 1993. Effect of plant nutrition on the incidence of late blight disease of potato in relation to plant age and leaf position. *Indian J. Mycol. Pl. Pathol.* 23: 287-290.
- Rhoades, R. E., and Bebbington, A. J. 1990. Mixing it up: variations in Andean farmers' rationales for intercropping of potatoes. *Field Crops Res.* 25: 145-156.
- Ricaud, C. 1982. Potato cultivation in sugar cane interlines in Mauritius: Research objectives and development achievements. *Revue Agricole et Sucriere* 61: 123-133.
- Sato, N. 1980. Sources of inoculum and sites of infection of potato tubers by *Phytophthora infestans* in soil. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 46: 231-240.
- Sharaiha, R., Haddad, N., and Abu Blan, H. 1989. Potential of row intercropping of faba bean, potato, and corn on the incidence and severity of *Alternaria* leaf spot, late blight and rust under the Jordan Valley conditions. *Phytopath. Medit.* 28: 105-112.
- Sieczka, J. B. 1989. Some negative aspects of crop rotation. Pages 259-272 in: *Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones: Proceedings of the International Conference on Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones*. August 14-19, 1988, Wageningen, The Netherlands. J. Vos, C. D. van Loon, and G. J. Bollen, eds. Kluwer Academic Publishers, London.
- Szczotka, Z., Borys, M. W., and Wojciechowski, J. 1973. Relation between K+-nutrition of potatoes and their leaflets' resistance to *Phytophthora infestans* de By. *Phytopath Z* 76: 57-66.
- Thurston, D. H. 1990. Plant disease management practices of traditional farmers. *Plant Dis* 74: 96-102.
- University of California. 1986. *Integrated Pest Management for Potatoes in the Western United States*. University of California, Division of Natural Resources Publication 3316.
- Vos, J, van Loon, C. D, and Bollen, G. J. 1998. Effects of Crop Rotation on Potato Production in the Temperate Zones: Proceedings of the International Conference on Effects of Crop Rotation on Potato Production in the

Temperate Zones, August 14-19, 1988, Wageningen, The Netherlands. Volume 40. 1989. London, Kluwer Academic Publishers. Developments in Plant and Soil sciences.

Walerych, H., Wojciechowski, J., and Borys, M. W. 1970. Resistance of tomato leaves to *Phytophthora infestans* de Bary as affected by N-NO₃, N-NH₄NO₃ or N-(NH₂)₂CO. *Phytopath Z* 68: 244-257.

Wojciechowski, J., Dzieciolowska, M, Borys, M., and Krzywanski, Z. 1964. Influence of NaH₂PO₄ -nutrition of potato plants on the resistance of their leaves to *Phytophthora infestans* de By. *Phytopath Z* 51: 198-203.

Wolfe, M. S. 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathology* 23: 251-273.

Zwankhuizen, M. J., Govers, F., and Zadoks, J. C. 1998. Development of potato late blight epidemics: disease foci, disease gradients, and infection sources. *Phytopathology* 88: 754-763.