

SUSCEPTIBILITY OF NEW POTATO VARIETIES TO THE POTATO LATE BLIGHT OOMYCETE *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary IN LITHUANIA

SUSCEPTIBILIDAD DE NUEVAS VARIEDADES DE PAPA AL OOMICETO DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary DE LA PAPA EN LITUANIA

Rita Asakavičiūtė*, Almantas Ražukas, Juozas Jundulas

Vokė branch of Lithuanian Institute of Agriculture. Zalioji a. 2, Traku Voke, LT-02232 Vilnius, Lithuania. (rita.asakaviciute@voke.lzi.lt)

ABSTRACT

Potato late blight can completely eliminate this crop in developing countries. Therefore, the objective of this research was to determine the susceptibility of several Lithuanian potato cultivars to late blight. The experimental design was a randomized split-plot, data were subjected to the ANOVA and the Tukey test was used to verify the significance of differences ($p \leq 0.05$). Late blight infection in potato groups of various growing cycles length was different. The intensity of potato blight spread in various earliness potato cultivars depends not only on their earliness, but also on their biological-mathematical models of late blight prognosis.

Key words: Potato, cultivars, late blight, resistance, ecologic farms.

INTRODUCTION

Potato late blight, a disease caused by the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, is one of the world's most devastating plant diseases. Despite its historic significance, none of the potato cultivars currently grown in Europe have an adequate late blight resistance. Currently, late blight is responsible for annual multibillion Euro losses in both potato and tomato production. Furthermore, in developing countries, where funds for purchasing fungicides are limited, late blight can completely eliminate potato crops (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2005).

Resistance of plants to pathogens often depends on the activation of defense responses after pathogen infection. A key factor in this type of resistance is the perception of the pathogen by the host, which triggers the appropriate defense responses. When defense responses completely block pathogen development, the interaction between pathogen and plant is called incompatible. The pathogen genes that mediate the recognition and activation of host defense responses

RESUMEN

El tizón tardío de la papa puede eliminar completamente este cultivo en países en desarrollo. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la susceptibilidad al tizón tardío de varias variedades cultivadas de papa en Lituania. El diseño experimental fue parcelas subdivididas al azar, los datos se analizaron con ANOVA y la prueba de Tukey se usó para verificar la significancia de las diferencias ($p \leq 0.05$). La infección de tizón tardío en grupos de papa de distintos ciclos de crecimiento fue diferente. La intensidad de diseminación del tizón tardío en diversas variedades cultivadas depende no sólo de su precocidad, sino también de sus modelos biológicos/matemáticos de pronóstico de la enfermedad.

Palabras clave: Papa, variedades cultivadas, tizón tardío, resistencia, granjas ecológicas.

INTRODUCCIÓN

El tizón tardío de la papa, una enfermedad causada por el oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las enfermedades vegetales más devastadoras del mundo. A pesar de su importancia histórica, ninguna de las variedades cultivadas de papa que se cultivan actualmente en Europa tiene una resistencia adecuada al tizón tardío. Actualmente, el tizón tardío es responsable por pérdidas anuales multimillonarias de Euros, en la producción tanto de papa como de jitomate. Además, en países en vías de desarrollo, donde los fondos para comprar fungicidas son limitados, el tizón tardío puede eliminar cosechas de papa por completo (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2005).

La resistencia de las plantas a patógenos frecuentemente depende de la activación de respuestas de defensa posteriores a la infección por el patógeno. Un factor clave en este tipo de resistencia es la percepción del patógeno por parte del hospedero, la cual provoca las respuestas de defensa apropiadas. Cuando las respuestas de defensa bloquean completamente el desarrollo del patógeno, la interacción entre el patógeno y la planta se conoce como incompatible. Los genes del patógeno

*Author for correspondence ♦ Autor responsable.

Received: April, 2008. Approved: December, 2008.

Published as ARTICLE in *Agrociencia* 43: 625-633. 2009.

leading to incompatible interactions are called avirulence genes (Bisognin *et al.*, 2005). Incompatible interactions are usually associated with a hypersensitive response in the host and a high degree of specificity between the pathogen and host genotypes.

P. infestans and potato cultivars interact according to the gene-for-gene model (Lee *et al.*, 2001). These 11 R-genes suggest the presence of 11 corresponding virulence or avirulence factors in *P. infestans*, and genetic analyses on both host and pathogen have been performed to confirm the gene-for-gene model in this pathosystem (Song *et al.*, 2003).

Agrometeorological conditions for the presence and spread late blight in Lithuania are present almost every potato growing season. The pathogen infects leaves, stems and later the whole plant. As a result of sexual reproduction oospores are formed, as it has been registered in many countries. Oospores can survive in the soil for about ten years. Local pathogen populations of the pathogen become more aggressive, virulent, and the disease becomes more dangerous (Judelson and Blanco, 2005).

The genetic resistance of potato cultivars to *P. infestans* is one of the main achievements of potato breeding programs. Many wild potato species exhibit field resistance to *P. infestans* and they are of a high genetic importance for potato breeding (Kamoun, 2001). The biophysical mechanisms controlling late blight susceptibility in potato cultivars are complex and can involve differences in leaf and tuber cell defense biochemistry, as well as canopy structure, leaf anatomical variations and vine maturation rates (Kirk *et al.*, 2001). *P. infestans* has mutable features, so it can overpass any resistance. When a limited potato gene bank is used in potato breeding for resistance to late blight programs, the disease can violate large potato cultivar groups in separate years. Potato cultivars that were described as resistant to *P. infestans* in Europe are severely injured today by late blight (Song *et al.*, 2003).

A fast development of potato late blight under favourable conditions causes a massive spread disease, called epiphytoty. Disease spread depends on meteorologic conditions, the level of high infection and the potato growing period at the time of disease attack. Late blight epiphytoty may be represented in a diagram as a sigmoid curve. At the beginning of disease spread (bottom of S), the late blight development is low because of the low infection. Disease development reaches its peak when it covers 50 % (middle part of S). It is the epiphytoty maximum. In the end of epiphytoty (in the diagram – top of S), disease development slows down because only small parts of plant tissues are not injured. In years of late blight

que median el reconocimiento y la activación de las respuestas de defensa del hospedero, causando interacciones incompatibles, se llaman genes de avirulencia (Bisognin *et al.*, 2005). Las interacciones incompatibles generalmente se asocian con una respuesta hipersensible en el hospedero y un alto grado de especificidad entre los genotipos del patógeno y del hospedero.

P. infestans y las variedades cultivadas de papa interactúan de acuerdo al modelo gen-por-gen (Lee *et al.*, 2001). Estos 11 genes-R sugieren la presencia de 11 factores correspondientes de virulencia o avirulencia en *P. infestans*, y análisis genéticos tanto en el hospedero como en el patógeno se han realizado para confirmar el modelo gen-por-gen en este sistema patológico (Song *et al.*, 2003).

Las condiciones agrometeorológicas para la presencia y la diseminación del tizón tardío en Lituania se presentan casi cada temporada de cultivo de papa. El patógeno infecta las hojas, los tallos y más tarde toda la planta. Como resultado de la reproducción sexual, se forman oosporas, como ha sido registrado en muchos países. Las oosporas pueden sobrevivir en el suelo alrededor de diez años. Las poblaciones locales del patógeno se vuelven más agresivas, virulentas, y la enfermedad se vuelve más peligrosa (Judelson y Blanco, 2005).

La resistencia genética de las variedades cultivadas de papa a *P. infestans* es uno de los logros principales de los programas de cultivo de la papa. Muchas especies silvestres de papa exhiben resistencia en el campo a *P. infestans* y son de gran importancia genética para el cultivo de la papa (Kamoun, 2001). Los mecanismos biofísicos que controlan la susceptibilidad al tizón tardío en variedades cultivadas de papa son complejos y pueden involucrar diferencias en la bioquímica de defensa de las hojas y los tubérculos, así como la estructura del dosel, variaciones anatómicas en la hoja y tasas de maduración de la cepa (Kira *et al.*, 2001). *P. infestans* tiene características mutables, de tal forma que puede sobrepasar cualquier resistencia. Cuando se utiliza un banco de genes de la papa limitado en un programa de cultivo para resistencia al tizón tardío, la enfermedad puede atacar grandes grupos de variedades cultivadas en años distintos. Las variedades descritas como resistentes a *P. infestans* en Europa ahora son dañadas gravemente por el tizón tardío (Song *et al.*, 2003).

Un desarrollo rápido del tizón tardío de la papa bajo condiciones favorables causa una diseminación masiva de la enfermedad, llamada epifitotia. La diseminación de la enfermedad depende de las condiciones meteorológicas, el alto nivel de infección y el periodo de crecimiento de la papa al momento del ataque de la enfermedad. La epifitotia del tizón tardío puede representarse en un diagrama como una curva sigmoide. Al

depression, the spread diagram is partial, and in the of years mute disease development the diagram curve has a lengthy long shape. The shape of *P. infestans* disease development curves can also give information about potato cultivars' susceptibility (Hansen *et al.*, 2005).

The objective of the present research was to examine tuber and foliage susceptibility of commercial potato cultivars to potato late blight on the bases of the development and spread of the disease in the potato field.

MATERIALS AND METHODS

The evaluation was carried out at the Vokė Branch of the Lithuanian Institute of Agriculture from 1992 to 2007. Potato cultivars were bred using the hybrid cross method. The cultivar VB Venta was obtained after crossing Priekulu visagrie×Pirmūnės and VB Rasa was obtained from Cardinal×Viola. The cultivar VB Liepa resulted from No 34/36×Pirmūnės. The cultivars VB Goda from Ausonia×Franzi and VB Aista from No 263×No 476-9.

Experimental plots were established on sandy loam on carbonaceous fluvial-glacial gravel eluviated soil (IDp) or *Haplic Luvisols* (LVh) according to the FAO-UNESCO classification.

Meteorological conditions are a very important factor for late blight disease. The weather conditions during the experimental years were diverse (Table 1).

General conditions of the trial

The trials were set up in conformity with the local agricultural potato growing practices. The dynamics of late blight spread was assessed every 7-10 d from the occurrence of the first disease symptoms until top killing. One hundred plants, 25 plants from every plot, were tested. The potato vine infection level was scored according to the attack: few plants with lesions, 1-2 lesions in a 10-m radius; 0.5-1-5 spots per plant; 1 - 5-10 spots per plant; 5 - about 50 spots per plant, or up to 1 in 10 leaflets lesions; 10 - about 10 % of leaf area destroyed; up to 4 in 10 leaves destroyed; nearly every leaflet has lesions, plants still look normal; 25 - about 25 % of leaf area destroyed; nearly every leaflet has lesions; plants remain normal; the field still looks green; 50 - about 50 % of leaf

principio de la diseminación de la enfermedad (parte baja de la S), el desarrollo del tizón tardío es bajo debido a la baja infección. El desarrollo de la enfermedad alcanza su pico cuando cubre 50 % (parte media de la S). Es el punto máximo de la epifitotia. Al final de la epifitotia (en el diagrama, hasta arriba de la S), el desarrollo de la enfermedad se vuelve más lento porque sólo pequeñas partes del tejido de la planta se encuentran sin daños. En los años de depresión a causa del tizón tardío, el diagrama de diseminación es parcial, y en los años de desarrollo mudo de la enfermedad, la curva del diagrama tiene una forma larga alargada. La forma de las curvas de desarrollo de la enfermedad por *P. infestans* también pueden dar información acerca de la susceptibilidad de las variedades cultivadas de papa (Hansen *et al.*, 2005).

El objetivo de esta investigación fue examinar la susceptibilidad del tubérculo y el follaje de variedades comerciales de papa al tizón tardío de la papa con base en el desarrollo y la diseminación de la enfermedad en el campo de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se llevó a cabo en la Sede Vokė del Instituto de Agricultura de Lituania, de 1992 a 2007. Se cultivaron variedades de papa usando el método de cruza de híbridos. La variedad VB Venta se obtuvo al cruzar Pirekulu visagrie×Pirmūnės y VB Rasa se obtuvo de Cardinal×Viola. La variedad VB Liepa resultó de No. 34/36×Pirmūnės. Las variedades VB Goda de Ausonia×Franzi y VB Aista de No. 263×No. 476-9.

Se establecieron parcelas experimentales en suelo franco arenoso, de origen carbonoso fluvial-glacial con eluviación de grava (IDp) o *Haplic Luvisols* (LVh), según la clasificación de FAO-UNESCO.

Las condiciones meteorológicas son un factor muy importante para la enfermedad del tizón tardío. Las condiciones climáticas durante los años experimentales fueron diversas (Cuadro 1).

Condiciones generales del ensayo

Los experimentos se establecieron de acuerdo a las prácticas agrícolas locales de cultivo de la papa. Las dinámicas de

Table 1. Meteorological conditions of *P. infestans* disease spread.
Cuadro 1. Condiciones meteorológicas de la diseminación de la enfermedad por *P. infestans*.

Month	Air temperature, °C				Precipitation, mm			
	2005	2006	2007	Longterm average	2005	2006	2007	Longterm average
April	8.5	8.0	4.9	5.7	58	31	40	45
May	12.3	15.3	13.6	12.5	61	31	74	60
June	15.2	14.1	15.0	15.8	62	122	59	77
July	19.7	16.7	19.1	16.9	92	46	69	78
August	16.8	18.1	16.7	16.3	105	97	201	68

destroyed; every plant with lesions; the field is still green but with brown spots; 75 - about 75 % of leaf area destroyed; the field colour is between green and brown; 95 - only a few leaves left, but stems are still green; 100 - all leaves dead or dying. Late blight data obtained from the trial field were scored (percentage): late blight spread was assessed, and the first early potato cultivar VB Venta was used as control susceptible.

The experimental design was a randomized split-plot, data were subjected to the ANOVA and the Tukey test was used to verify the significance of differences ($p \leq 0.05$).

RESULTS

In 2005, the year of *P. infestans* tests, potato cultivars' susceptibility was estimated by measuring late blight start, the disease progress and their spread dynamics. The first symptoms of late blight in the field were small, light to dark green, circular to irregular-shaped water-soaked spots. These lesions usually appear first on the lower leaves. Lesions often begin to develop near the leaf tips or edges, where dew is retained longest. During cool, moist weather, these lesions expand rapidly into large, dark brown or black lesions, often appearing greasy. The lesions are not limited by leaf veins, and as new infections occur and existing infections coalesce, entire leaves can become blighted and killed within just a few days. The lesions may expand down the petioles and stems of the plant.

The end of June-beginning of July in 2005 were favorable for disease development, sporulation, infection and germination. Air humidity varied from 76 % to 81 %. The first symptoms were found in the cultivars VB Venta and VB Liepa on June 10th, after one week in VB Goda, and in VB Aista by the end of June (Table 2). The disease affected leaves, stems and other parts of a plant. In June, the temperature was higher than the average and the precipitation was double (92.0 mm). August was warm and humid enough for potato blight development.

The disease spreaded more intensively in earlier than in late maturity cultivars. Disease development was low until June 24th (0.17-19.15 %) when almost

diseminación del tizón tardío se evaluaron cada 7-10 d a partir de la ocurrencia de los primeros síntomas de la enfermedad y hasta el máximo de la mortandad. Se probaron 100 plantas, 25 plantas de cada parcela. El nivel de infección de la cepa de papa se calificó según el ataque: pocas plantas con lesiones, 1-2 lesiones en un radio de 10 m; 0.5-1-5 manchas por planta; 1-5-10 manchas por planta; 5 - alrededor de 50 manchas por planta o hasta 1 en 10 lesiones de folíolos; 10- alrededor de 10 % del área de la hoja destruida; hasta 4 en 10 hojas destruidas; casi cada foliolo tiene lesiones, las plantas todavía se ven normales; 25 - alrededor de 25 % del área de la hoja destruida; casi cada foliolo tiene lesiones; las plantas siguen normales; el campo todavía es verde; 50 - alrededor de 50 % de la hoja destruida; todas las plantas con lesiones; el campo todavía es verde pero con manchas marrón; 75 - alrededor de 75 % del área de la hoja destruida; el color del campo es entre verde y marrón; 95 - sólo unas cuantas hojas permanecen, pero los tallos todavía son verdes; 100 - todas las hojas muertas o muriéndose. Los datos del tizón tardío obtenidos del campo experimental se calificaron (porcentaje): se evaluó la diseminación del tizón tardío, y se usó la primera variedad precoz cultivada de papa, VB Venta, como un testigo susceptible.

El diseño experimental fue parcelas subdivididas al azar, los datos se analizaron con ANOVA y la prueba de Tukey se usó para verificar la significancia de las diferencias ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

En 2005, el año de las pruebas de *P. infestans*, la susceptibilidad de las variedades cultivadas de papa se calculó midiendo el inicio del tizón tardío, el progreso de la enfermedad y su dinámica de diseminación. Los primeros síntomas del tizón tardío en el campo fueron manchas pequeñas color verde claro a oscuro, de forma circular a irregular, empapadas de agua. Estas lesiones usualmente aparecen primero en las hojas más bajas. Las lesiones a menudo comienzan a desarrollarse cerca de las puntas o bordes de las hojas, donde se retiene el rocío durante más tiempo. En clima templado y húmedo, estas lesiones se expanden rápidamente hasta formar lesiones grandes, color marrón oscuro o negro, que a menudo aparentan ser grasosas. Las lesiones no son limitadas por las venas de la hoja, y conforme ocurren nuevas

Table 2. Estimation of *P. infestans* in various potato cultivars, 2005, in Lithuania.

Cuadro 2. Estimación de *P. infestans* en diversas variedades de papa, 2005, en Lituania.

Variety	Appearance of first symptoms	Delay of first first symptoms, d	Disease rating when the rating of reference variety ≥ 90 %	Final disease rating, %
VB Venta	13 07	0	95.0 a	100.0 a
VB Aista	20 07	7	3.2 c	13.8 c
VB Goda	20 07	7	80.0 b	100.0 a
VB Liepa	20 07	7	80.0 b	100.0 a
VB Rasa	20 07	7	8.2 c	53.8 b
LSD _{0.05}			1.24	2.05

all cultivars had 100 % infected plants. Within one week, disease intensity grew from 16 to 45 %.

In 2005, the late blight disease reached the level of epiphytity (Figure 1). The tested cultivars can be divided into groups according to disease development curves: 1) very susceptible - VB Venta and VB Liepa; 2) medium susceptible - VB Goda; 3) medium resistant - VB Rasa and VB Aista.

In 2006 at the end of June - beginning of July, conditions were favourable for late blight which was found in all of potato foliage: plant leaves, stems and the top of foliage. The rainy and warm weather of June and August was favorable for late blight.

Late blight fungus was first identified in VB Venta and VB Liepa potato cultivars on June 13th and after one week in VB Goda. The first symptoms of the disease in the potato cultivar Vilnia were found on June 20th and in Aista on June 30th (Table 3).

In the middle of August, almost all foliage was dead in susceptible potato cultivars (VB Venta and VB Liepa), and in more resistant potato cultivars (VB Rasa and VB Aista) foliage injuries covered 31.25-52.0 %. By the end of August, without application of fungicides, they had 21.5-27.0 % of green leaves.

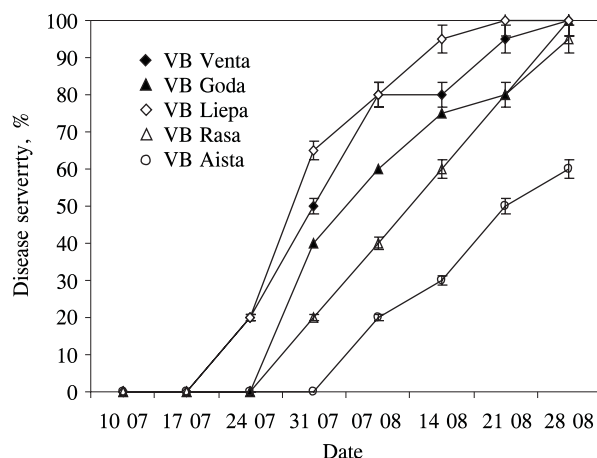


Figure 1. Potato blight development dynamics in various maturity potato cultivars, 2005, in Lithuania.

Figura 1. Dinámica de desarrollo del tizón tardío en diversas variedades de papa, 2005, en Lituania.

infecciones y se fusionan con infecciones existentes, hojas enteras pueden ser afectadas por el tizón y morir dentro de unos pocos días. Es posible que las lesiones se expandan hacia los peciolo y los tallos de la planta.

Fines de junio a principios de julio, en 2005, fueron favorables para el desarrollo de la enfermedad, esporulación, infección y germinación. La humedad del aire varió de 76 % a 81 %. Los primeros síntomas se encontraron en las variedades VB Venta y VB Liepa el 10 de junio, una semana después en VB Goda y en VB Aista hacia el final de junio (Cuadro 2). La enfermedad afectó hojas, tallos y otras partes de las plantas. En junio, la temperatura fue mayor que el promedio y la precipitación se duplicó (92.0 mm). Agosto fue suficientemente cálido y húmedo para el desarrollo del tizón de la papa.

La enfermedad se diseminó más intensamente en las variedades más precoces que en las más tardías para alcanzar la madurez. El desarrollo de la enfermedad fue bajo hasta el 24 de junio (0.17-19.15 %), cuando casi todas las variedades tenían 100 % de las plantas infectadas. Dentro de una semana, la intensidad de la enfermedad aumentó de 16 a 45 %.

En 2005, la enfermedad de tizón tardío alcanzó el nivel de epifitotia (Figura 1). Las variedades a prueba se pueden dividir en grupos de acuerdo a las curvas de desarrollo de la enfermedad: 1) muy susceptible - VB Venta y VB Liepa; 2) medianamente susceptible - VB Goda; 3) medianamente resistente - VB Rasa y VB Aista.

En 2006, entre finales de junio y principios de julio, las condiciones fueron favorables para el tizón tardío, que se encontró en todo el follaje de la papa: hojas, tallos y la copa del follaje. El clima lluvioso y cálido de junio y agosto fue favorable para el tizón tardío.

El hongo del tizón tardío se identificó primero en las variedades de papa VB Venta y VB Liepa el 13 de junio y, después de una semana, en VB Goda. Los primeros síntomas de la enfermedad en la variedad Vilna se encontraron el 20 de junio y en Aista el 30 de junio (Cuadro 3).

Table 3. Estimation of *P. infestans* in various potato cultivars in 2006, in Lithuania.

Cuadro 3. Determinación de *P. infestans* en diversas variedades de papa en 2006, en Lituania.

Variety	Appearance of first symptoms	Delay of first first symptoms, d	Disease rating when the rating of reference variety ≥ 90 %	Final disease rating, %
VB Venta	10 07	0	95.3 a	100.0 a
VB Aista	31 07	28	31.3 d	63.0 c
VB Goda	17 07	7	71.8 b	100.0 a
VB Liepa	10 07	0	94.8 a	100.0 a
VB Rasa	24 07	14	52.0 c	88.5 b
LSD _{0.05}			3.28	3.59

The infection speed (AIR) was lowest in VB Aista. The competitive area under the disease intensity curve (RAUDPC) was highest in VB Liepa cultivars (0.59) and the lowest in VB Aista cultivars (Table 3 and Figure 2).

The cultivars VB Venta and VB Rasa were classified as 4-6 on a 1-9 point scale for resistance to late blight (Figure 3).

In 2007 in the end of June - beginning of July, conditions were favorable for the late blight disease spread which was found in all of foliage, not only on leaves, but also on stems and the top of foliage. The rainy and warm weather of June and August was favorable for disease development.

The late blight oomycete was first found in VB Venta potato cultivars on June 13th and one week later in VB Goda. First signs of the disease in VB Rasa were found on the 20th and in VB Aista on the 30th of June. In 2007 a late blight disease epiphytity occurred. The diagrams representing late blight development are S-shaped curves. Until the beginning of August, the disease development was not intensive (0.75-45.0 %), but late blight infection was present in 100 % of plants (Table 4 and Figure 3).

Within one week, the disease developed rapidly and the injury intensity increased from 3.2 to 95 %. By the middle of August, almost all foliage died in the susceptible potato cultivars VB Venta and VB Liepa (95.0 and 80.0 %). In the more resistant VB Rasa and VB Aista potatoes, 8.25 % and 3.2 % of foliage were injured. At the end of August they had 46.25 % and 86.25 % of green leaves, even when fungicides were not applied. The lowest disease infection speed (AIR) was in VB Aista potato cultivars. The competitive area

A mediados de agosto, casi todo el follaje había muerto en las variedades de papa susceptibles (VB Venta y VB Liepa), y en las variedades más resistentes (VB Rasa y VB Aista), las lesiones al follaje cubrían 31.25-52.0 %. Hacia finales de agosto, sin aplicar fungicidas, tenían 21.5-27.0 % de hojas verdes. La velocidad de infección (AIR) fue lo más baja en VB Aista. El área competitiva bajo la curva de intensidad de la enfermedad (RAUDPC) fue lo más alta en cultivos de VB Liepa (0.59) y lo más baja en cultivos de VB Aista (Cuadro 3 y Figura 2).

Las variedades cultivadas VB Venta y VB Rasa se clasificaron como 4-6 en una escala de 1-9 puntos para la resistencia al tizón tardío (Figura 3).

En 2007, de finales de junio a principios de julio, las condiciones fueron favorables para la diseminación de la enfermedad del tizón tardío, que se encontró en todo el follaje, no sólo en las hojas sino también en tallos y la copa del follaje. El clima lluvioso y cálido de junio y agosto fue favorable para el desarrollo de la enfermedad.

El oomiceto del tizón tardío se encontró primero en los cultivos de VB Venta el 13 de junio y una semana después en VB Goda. Los primeros signos de la enfermedad en VB Rasa se encontraron el 20 y en VB Aista el 30 de junio. En 2007, ocurrió la epifitotia de la enfermedad del tizón tardío. Los diagramas que representan el desarrollo del tizón tardío son curvas con forma en S. Hasta el principio de agosto, el desarrollo de la enfermedad no fue intenso (0.75-45.0 %), pero la infección del tizón tardío estuvo presente en 100% de las plantas (Cuadro 4 y Figura 3).

Dentro de una semana, la enfermedad se desarrolló rápidamente y la intensidad de las lesiones aumentó de

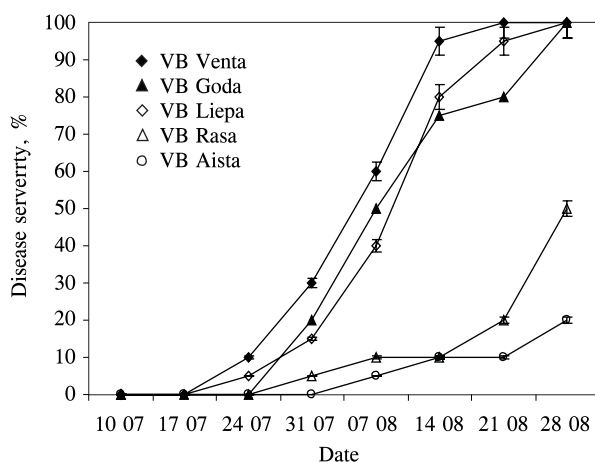


Figure 2. Potato blight development dynamics in various maturity potato cultivars, 2006, in Lithuania.

Figura 2. Dinámica de desarrollo del tizón tardío en diversas variedades de papa, 2006, en Lituania.

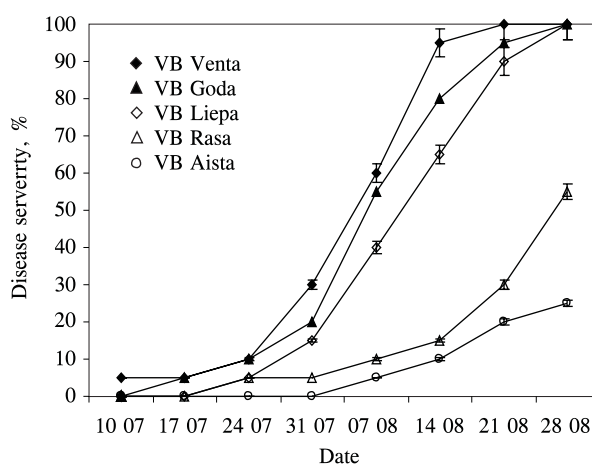


Figure 3. Potato blight development dynamics in various maturity potato cultivars, 2007, in Lithuania.

Figura 3. Dinámica de desarrollo del tizón tardío en diversas variedades de papa, 2007, en Lituania.

Table 4. Estimation of *P. infestans* in various potato cultivars in 2007.
Cuadro 4. Determinación de *P. infestans* en diversas variedades de papa en 2007.

Variety	Appearance of first symptoms	Delay of first first symptoms, d	Disease rating when the rating of reference variety ≥ 90 %	Final disease rating, %
VB Venta	10 07	0	95.0 a	100.0 a
VB Aista	31 07	7	3.2 d	13.8 c
VB Goda	17 07	7	70.8 b	100.0 a
VB Liepa	10 07	7	80.0 a	100.0 a
VB Rasa	24 07	14	55.0 c	89.5 b
LSD _{0,05}			3.27	3.89

under the disease intensity curve was highest in the cultivars VB Venta (0.49), VB Goda (0.47) and VB Liepa (0.45) and the lowest in VB Aista (0.03).

Depending on the late blight disease development, the potato cultivars were divided into the following groups: 1) very susceptible (VB Venta and VB Liepa); 2) medium susceptible (VB Rasa and VB Goda); 3) medium resistant (VB Aista).

DISCUSSION

Late blight is caused by the oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Unlike most pathogenic fungi, the late blight oomycete cannot survive in soil or dead plant debris. For an epidemic to begin in an area, the oomycete must survive the winter in potato tubers (culls, volunteers), be reintroduced on seed potatoes or tomato transplants, or live spores must blow in with rainstorms. Disease development is favored by cool, moist weather. Under these conditions, lesions may appear on leaves within 3-5 d of infection, followed by white mold growth soon thereafter. Spores formed on the mold are spread readily by irrigation, rain and equipment. They are easily dislodged by wind and rain and can be blown into neighboring fields within 8-16 km or more, thus beginning another cycle of disease (Mukalazi *et al.*, 2001; Haynes *et al.*, 2004).

Potato breeding and initial seed production of new cultivars in Lithuania is performed at the Vokė Branch of the Lithuanian Institute of Agriculture. The key objective in potato breeding is to produce high yielding, early or medium early potato cultivars (Razukas and Jundulas, 2005).

The newly developed potato varieties are resistant to wart disease and the RO₁ patotype of nematodes. Other advantages, such as high resistance to fungal and bacterial diseases and viruses, are also given high priority in Lithuanian potato breeding.

Analyzing late blight development helps to determine disease development differences not only among potato cultivars and maturity groups of different levels of susceptibility, but also differences in the same

3.2 a 95 %. A mediados de agosto, casi todo el follaje había muerto en las variedades de papa susceptibles VB Venta y VB Liepa (95.0 y 80.0 %). En las papas más resistentes VB Rasa y VB Aista, 8.25 % y 3.2 % del follaje tuvo lesiones. Al final de agosto, tenían 46.25 % y 86.25 % de hojas verdes, aun cuando no se aplicaron fungicidas. La velocidad más baja de infección (AIR) fue en los cultivos de VB Aista. El área competitiva bajo la curva de intensidad de la enfermedad fue lo más alta en los cultivos de VB Venta (0.49), VB Goda (0.47) y VB Liepa (0.45), y lo más baja en VB Aista (0.03).

Dependiendo del desarrollo de la enfermedad del tizón tardío, las variedades cultivadas de papa se dividieron en los siguientes grupos: 1) muy susceptible (VB Venta y VB Liepa); 2) medianamente susceptible (VB Rasa y VB Goda); 3) medianamente resistente (VB Aista).

DISCUSIÓN

El tizón tardío es causado por el oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. A diferencia de la mayoría de los hongos patógenos, el oomiceto del tizón tardío no puede sobrevivir en el suelo o en los desechos de plantas muertas. Para que comience una epidemia en un área, el oomiceto debe sobrevivir el invierno en tubérculos de papa (desechos, voluntarios), ser reintroducido en las papas semilla o transplantes de jitomate, o deben transportarse las esporas vivas con la lluvia. El desarrollo de la enfermedad es favorecido por el clima templado y húmedo. Con estas condiciones, pueden aparecer lesiones en hojas dentro de 3-5 d de infección, seguidas del crecimiento de humus blanco un poco después. Las esporas formadas en el humus son fácilmente diseminadas por irrigación, lluvia y herramientas de trabajo. Fácilmente se desplazan por viento y lluvia, y pueden ser acarreados a los campos vecinos dentro de un área de 8-16 km o más, comenzando así otro ciclo de enfermedad (Mukalazi *et al.*, 2001; Haynes *et al.*, 2004).

potato cultivar in each year of research. Research on the influence of meteorological conditions on late blight development was performed in various potato maturity groups and susceptibility to disease in all vegetation periods.

Some scientists have stated that few methods are needed for evaluating potato cultivars susceptibility to late blight. In the future, potato cultivars and hybrids of potato breeding programs will have to be tested not only under field conditions with a natural late blight infection, but also at the laboratory under artificial infection settings (Asakavičiūtė *et al.*, 2006; Ražukas and Jundulas, 2005).

Potato blight development in various potato cultivars depended not only on their maturity group, but also on their genetic and biologic features. The most resistant to late blight were VB Rasa and VB Aista. According to susceptibility to late blight, potato cultivars were divided into three groups: very susceptible (B1), medium susceptible (B2) and medium resistance (B3).

Research on the potato cultivars of resistance to late blight is very important. In Europe, due to the fast evolution of *P. infestans*, it is possible to suggest that the resistance imported from countries can change, because the population of the late blight agent is different between countries. Resistance in imported new potato cultivars depends on how the racial constitution of the fungus *P. infestans* population influences the cultivars' susceptibility to late blight, and they should be always tested (Kirk *et al.*, 2001).

Late maturity cultivars were more resistant to the disease. Potato late blight disease spread intensity in the different cultivars depended not only on their earliness, but also on their genotype.

CONCLUSIONS

In years of late blight disease epiphytotic pathogen agent *P. infestans* injured potato leaves, top of the plants, stems and tubers. It was observed in the following developmental stages: conidia was found on potato stems, top of the plants and leaves; mycelium - in leaves and tubers.

Late blight infection to the various maturity potato groups was different. In early potatoes disease spread is more intensive, but in late maturity cultivars is slower. The intensity of potato blight spread in various maturity potato cultivars depends not only on their earliness, but their biological traits as well.

In our study most of the tested cultivars were medium susceptible and only the cultivar VB Aista was resistant to late blight. Thus VB Aista is recommended for growing on ecologic farms.

El cultivo de papa y la producción inicial de semilla de nuevas variedades en Lituania se lleva a cabo en la Sede Vokė del Instituto de Agricultura de Lituania. El objetivo clave en el cultivo de papas es producir variedades de papa de alto rendimiento, con precocidad o mediana precocidad (Razukas y Jundulas, 2005).

Las variedades de papa recientemente desarrolladas son resistentes a la roña negra de la papa y al patotipo RO1 de nematodos. Otras ventajas, como la alta resistencia a enfermedades por hongos o bacterias y virus, también son de alta prioridad en el cultivo de papas en Lituania.

Analizar el desarrollo del tizón tardío ayuda a determinar las diferencias en el desarrollo de la enfermedad no sólo entre variedades de papa y grupos de maduración con distintos niveles de susceptibilidad, sino también diferencias en la misma variedad de papa en cada año del estudio. La investigación sobre la influencia de las condiciones meteorológicas en el desarrollo del tizón tardío se llevó a cabo en distintos grupos de maduración de la papa y susceptibilidad a la enfermedad en todos los periodos vegetativos.

Algunos científicos han sugerido que se necesitan pocos métodos para evaluar la susceptibilidad de las variedades cultivadas de papa al tizón tardío. En el futuro, las variedades y los híbridos en programas de cultivo de papa tendrán que ser evaluados no sólo en condiciones de campo con infección natural de tizón tardío, sino también en el laboratorio en condiciones artificiales de infección (Asakavičiūtė *et al.*, 2006; Ražukas y Jundulas, 2005).

El desarrollo del tizón tardío de papa en diversas variedades de papa dependió no sólo de su grupo de maduración, sino también de sus características genéticas y biológicas. Las más resistentes al tizón tardío fueron VB Rasa y VB Aista. De acuerdo a la susceptibilidad al tizón tardío, las variedades se dividieron en tres grupos: muy susceptible (B1), medianamente susceptible (B2) y medianamente resistente (B3).

La investigación sobre variedades de papa con resistencia al tizón tardío es muy importante. En Europa, debido a la rápida evolución de *P. infestans*, es posible sugerir que la resistencia importada de diversos países puede cambiar porque la población del agente del tizón tardío es distinta en diferentes países. La resistencia en nuevas variedades importadas de papa depende de cómo la constitución racial de la población del hongo *P. infestans* influye en la susceptibilidad de las variedades al tizón tardío, y siempre deben ponerse a prueba (Kirk *et al.*, 2001).

Las variedades de maduración tardía fueron más resistentes a la enfermedad. La intensidad de diseminación de la enfermedad del tizón tardío en las diversas variedades dependió no solamente de su precocidad, sino también de su genotipo.

LITERATURE CITED

- Asakavičiūtė R., A. Ražukas, and J. Jundulas. 2006. Lithuanian potato cultivars resistance to late blight (*Phytophthora infestans*). In: Third International Conference on Non Chemical Crop Protection Methods, Lille, France. pp: 705-708.
- Bisognin D. A., D. S. Douches, L. Buszka, G. Bryan, and D. Wang. 2005. Mapping late blight resistance in *Solanum microdontum* bitter. Crop Sci. 45: 340-345.
- Haynes K. G., and P. D. Weingartner. 2004 The use of area under the disease progress curve to assess resistance to late blight in potato germplasm. Am. J. Potato Res. 81: 137-141.
- Hansen J. G., M. Koppel, A. Valskyte, I. Turka, and J. Kapsa. 2005. Evaluation of foliar resistance in potato to *Phytophthora infestans* based on an international field trial network. Plant Pathol. 54: 169-179.
- Judelson H. S., and F. A. Blanco. 2005. The spores of *Phytophthora*: Weapons of the plant destroyer. Nature Rev. Microbiol. 3: 47-58.
- Kamoun S. 2001. Nonhost resistance to *Phytophthora*: Novel prospects for a classical problem. Curr. Opin. Plant Biol. 4: 295-300.
- Kirk W. W., K. J. Felcher, D. S. Douches, J. Coombs, J. M. Stein, K. M. Baker, and R. Hammerschmidt. 2001. Effect of host plant resistance and reduced rates and frequencies of fungicide application to control potato late blight. Plant Dis. 85: 1113-1118.
- Lee T., A. Robold, A. Testa, J.W. Klooster, and F. Govers. 2001. Mapping of avirulence genes in *Phytophthora infestans* with amplified fragment length polymorphism markers selected by bulked segregant analysis. Genetics 157: 949-956.
- Mukalazi J., E. Adipala, T. Sengooba, J. J. Hakiza, M. Olanya, and H. M. Kidanemariam. 2001. Variability in potato late blight severity and its effect on tuber yield in uganda. Afr. Crop Sci. J. 9(1): 195-201.
- Ražukas A., and J. Jundulas. 2005. Potatoes breeding in Lithuania. Scientific works of the Lithuanian Institute of Horticulture 24(3): 187-195.
- Rubio-Covarrubias O. A., D. S. Douches, R. Hammerschmidt, A. daRocha, and W. W. Kirk. 2005. Effect of temperature

CONCLUSIONES

En años de epifitotia de la enfermedad del tizón tardío, el agente patógeno *P. infestans* dañó hojas, copas, tallos y tubérculos de las papas. Se observó en las siguientes etapas de desarrollo: se encontró conidia en tallos, copas y hojas de papa, y micelio en hojas y tubérculos.

La infección del tizón tardío en los grupos diversos de maduración de papa fue distinta. En papas precoces, la diseminación de la enfermedad fue más intensa, pero en variedades con maduración tardía es más lenta. La intensidad de la diseminación del tizón de la papa en variedades de maduración diversa depende no sólo de su precocidad, sino de sus características biológicas también.

En nuestro estudio, la mayoría de las variedades cultivadas estudiadas fueron medianamente susceptibles y sólo la variedad VB Aista fue resistente al tizón tardío. Por ende, se recomienda VB Aista para cultivarse en granjas ecológicas.

—Fin de la versión en Español—



and photoperiod on symptoms associated with resistance to *Phytophthora infestans* after leaf penetration in susceptible and resistant potato cultivars. Amer. J. Potato Res. 82: 139-146.

Song J., J. M. Bradeen, S. K. Naess. 2003. Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. PNAS 100(16): 9128-9133.