



**NAPPO**

North American Plant Protection Organization  
Organización Norteamericana de Protección a las Plantas

## **Documento de Ciencia y tecnología de la NAPPO**

### **CT 02: Eficacia de los productos controladores de la brotación de papa con el fin de disminuir la producción de brotes**

**Elaborado por los miembros del Grupo Asesor Técnico de la NAPPO  
sobre Inhibidores de la Brotación de la Papa**  
Barbara Daniels-Lake<sup>1</sup>, Nora Olsen<sup>2</sup>, Humberto López Delgado<sup>3</sup>, Richard Zink<sup>4</sup>

Agosto del 2013

---

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura y Agroalimentos de Canadá, Canadá; Presidenta del GAT

<sup>2</sup> Universidad de Idaho, EE. UU.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México

<sup>4</sup> Servicio de Inspección de Sanidad Agropecuaria (APHIS, por su sigla en inglés), EE. UU.; representante del Panel de Papa de la NAPPO

## Contents

Introducción.....	- 3 -
1. Productos para el control de la brotación y su eficacia .....	- 4 -
<b>1.1 Almacenamiento a baja temperatura (sin congelar)</b> .....	- 5 -
<b>1.2.Chlorpropham (isopropyl (N-(3-chlorophenyl) carbamate; CIPC)</b> .....	- 5 -
<b>1.3 Hidracida del ácido maleico (1,2-dihydropyridazine-3-6-dione; MH)</b> .....	- 6 -
<b>1.4 Aceites esenciales</b> .....	- 7 -
<b>1.5 Naftalenos</b> .....	- 8 -
<b>1.6 Gas etileno</b> .....	- 8 -
<b>1.7 Peróxido de hidrógeno</b> .....	- 9 -
<b>1.8 Irradiación</b> .....	- 9 -
<b>1.9 Productos que actualmente se están desarrollando pero que aún no se utilizan en un país de la NAPPO</b> .....	- 10 -
2. Rendimiento no tan óptimo .....	- 10 -
3. Candidatos para consideración del panel de papas.....	- 11 -
4. Limitación de los usos finales de la papa en el comercio.....	- 12 -
Literatura citada.....	- 12 -
APÉNDICE 1: Términos de referencia para el Grupo Asesor Técnico sobre inhibición del brote de la papa.....	- 16 -
APÉNDICE 2: Métodos de inhibición de la brotación y su condición normativa en los tres países de la NAPPO. ....	- 18 -

Para dar respuesta a una solicitud del Panel de Papa de la NAPPO, el Grupo Asesor Técnico sobre Inhibidores de la Brotación de la Papa (IBP) ha preparado este documento de ciencia con el fin de examinar a los inhibidores de la brotación de la papa de acuerdo a los términos de referencia presentados por el panel (Apéndice 1). Este documento incluye una recopilación de la información existente acerca de los productos que inhiben la brotación y los métodos que actualmente están disponibles en los tres países de la NAPPO, así como productos que se sabe que están en desarrollo.

## Introducción

Los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) pueden continuar siendo aptos para consumo o procesamiento incluso durante períodos extensos de almacenamiento después de cosecharlos. La vida de almacenamiento prolongada ha ayudado a que los tubérculos de papa sean uno de los alimentos de mayor importancia en el mundo, y ha permitido a la industria de procesamiento de papa realizar sus actividades durante todo el año en lugares en donde la papa solo puede producirse durante una temporada de crecimiento favorable. Desde el punto de vista botánico, los tubérculos de papa son una estructura perenne la cual se convierte en latente para sobrevivir condiciones de crecimiento desfavorables (por ejemplo, frío) para producir una planta nueva y otro cultivo de tubérculos cuando regresa el clima favorable.

La ventaja biológica de un período latente en una planta es la supervivencia de la especie. El período latente inherente en las papas permite a la mayoría de las variedades sobrevivir el invierno (salvo las condiciones de congelamiento) y rebrotar posteriormente, reproduciendo y perpetuando así la especie. El estado latente del tubérculo previene la brotación, disminuyendo las posibilidades de que la papa muera debido a condiciones desfavorables del invierno. Los tubérculos tienen brotes apicales y laterales u “ojos”, compuestos de tejidos de meristemo los cuales pueden producir brotes y crecer como una planta nueva bajo condiciones favorables. El período latente del tubérculo permite varios meses de almacenamiento sin la aplicación de productos para el control de la brotación.

Existen tres clases o tipos de estados latentes que pueden describirse en papas. La “endolancia” ocurre después de la cosecha y se debe al estatus interno o fisiológico del tubérculo. En esta situación, incluso si los tubérculos se colocan en condiciones favorables para la brotación, ésta no sucederá. La “ecolancia” es cuando se previene o retrasa la brotación por las condiciones ambientales, por ejemplo, las papas almacenadas a temperaturas bajas permanecen latentes durante más tiempo que las papas similares almacenadas a temperaturas más cálidas. La “paralancia” se compara a la endolancia aunque las señales fisiológicas para la latencia se originan en un área distinta de la planta que donde ocurre la latencia. Un ejemplo de esto es la dominación apical de un tubérculo, el meristemo apical o yema/ ojo dominante impide el desarrollo de la yema secundaria o el desarrollo del brote. Algunas variedades tienen una paralancia más fuerte que otras. La temporada de crecimiento o las condiciones de precosecha también pueden afectar la extensión de la latencia así como las condiciones de poscosecha tales como temperatura y luz.

Al cosecharse, los tubérculos de papa están en estado latente y permanecen así durante varias semanas o meses, dependiendo del cultivar. Los tubérculos permanecen vivos, a saber, el tejido del tubérculo continúa respirando y está sujeto a varios procesos metabólicos, pero los ojos no pueden brotar provisionalmente. El avance desde el estado latente al no latente durante el período de almacenamiento es parte del proceso fisiológico de envejecimiento. La tasa de envejecimiento

fisiológico cambia entre variedades y es más rápida en temperaturas cálidas que en temperaturas más frías. Cuando los tubérculos alcanzan la etapa no latente de su edad fisiológica, ellos son capaces de producir brotes los cuales pueden crecer como planta de papa nueva y brindar otro cultivo de tubérculos para completar el ciclo de crecimiento. Si la duración natural del estado latente del tubérculo es más corta que el período deseado de almacenamiento, los tubérculos brotarán durante el almacenamiento. Esto disminuye su calidad de mercadeo, procesamiento y consumo. Por ende, se han creado varios métodos y productos para retrasar o prevenir la brotación.

En la industria de papa, el control de la brotación por lo general se centra en la “inhibición de la brotación” durante algún período de tiempo apropiado hasta que el tubérculo almacenado pueda ya sea procesarse como producto vendible o comercializarse como tubérculo entero para el consumo en fresco. Los productos para el control de la brotación pueden categorizarse en inhibidores de la brotación o reductores de la brotación. La duración del control de la brotación es mayor con un inhibidor de la brotación y el producto puede alterar el estatus fisiológico y bioquímico del tubérculo. Un reductor de la brotación es un método de control de la brotación pasajero el cual puede necesitar varias aplicaciones para un control a largo plazo.

Hacer que los tubérculos de papa sean incapaces de brotar en forma permanente resulta más complejo que el simple control de la brotación durante algún período de tiempo deseado. Varios productos y tratamientos ya están disponibles para inhibir o reducir la brotación de la papa, y se sabe de otros productos que se encuentran en varias etapas de desarrollo. Estos productos que controlan la brotación se describen en el siguiente apartado; su estatus normativo se resume en el Apéndice 2, incluyendo las tasas de aplicación y los límites máximos de residuo (LMR).

## **1. Productos para el control de la brotación y su eficacia**

La eficacia entre los diversos métodos de control de la brotación varía considerablemente y también se ve afectada por varios otros factores. Estos otros factores incluyen la variedad de papa, las condiciones ambientales y fisiológicas durante el crecimiento del cultivo y el almacenamiento del tubérculo, y la tasa, tiempo y número de aplicaciones del producto particular para el control de la brotación. La duración del estado latente inherente de los tubérculos también varía considerablemente entre las variedades, y el crecimiento de cualquier brote que aparezca se ve afectado mucho más con la temperatura de almacenamiento, las condiciones de almacenamiento y la manipulación y empaque. Estos factores también pueden afectar la tasa de pérdida y/o descomposición metabólica de los productos de control de la brotación que se han aplicado a los tubérculos. Esto resulta importante debido a que para la mayoría de los productos de control de la brotación es el residuo constante del ingrediente activo el cual controla la brotación. La duración y eficacia del control, por ende, depende del nivel de residuo que esté presente en el tubérculo o dentro de éste. La temperatura de almacenamiento es de especial importancia para conservar la eficacia del inhibidor de la brotación. Los ingredientes activos de la mayoría de los inhibidores de la brotación son volátiles, y por ende, pueden evaporarse más rápidamente en cuanto aumenta la temperatura de almacenamiento. Así mismo, las temperaturas de almacenamiento más cálidas aumentan la tasa metabólica del tubérculo, lo cual lleva a una descomposición más rápida de inhibidores químicos y un envejecimiento fisiológico más rápido de los tubérculos sometidos a tratamientos. En general, los inhibidores de la brotación podrán no ser tan eficaces para el control de la brotación a largo plazo cuando los tubérculos se mantienen a temperaturas cálidas.

Los productos o métodos de control de la brotación que se describen pueden utilizarse solos. Algunos también pueden utilizarse juntos, en secuencia entre ellos o aplicarse como mezcla para controlar la brotación del tubérculo de manera más eficaz.

### **1.1 Almacenamiento a baja temperatura (sin congelar)**

El almacenamiento a baja temperatura se utiliza ampliamente en las áreas principales que producen papa para mantener la calidad del tubérculo, para aminorar el desarrollo de la enfermedad y para retrasar la aparición de la brotación (Burton 1989). Sin embargo, no hay pérdida permanente de la capacidad de brotación en tubérculos que han sido sometidos a tratamiento de esta forma. Cuando las papas regresan a temperaturas más cálidas, la capacidad de brotación de la papa con frecuencia mejora. El almacenamiento de las papas a la temperatura más baja que sea aceptable, manteniendo aún la calidad para el mercado deseado, se utiliza ampliamente en la industria. Con frecuencia, la temperatura fría de almacenamiento se combina con uno o más de los productos descritos abajo.

### **1.2. Chlorpropham (isopropyl (N-(3-chlorophenyl) carbamate; CIPC)**

El CIPC se ha utilizado como inhibidor de la brotación de la papa desde mediados de los años cincuenta. Un herbicida de carbamato de toxicidad baja (LD50 ca rata oral. 4900 mg/kg; Meister 2001), es muy eficaz, confiable y ampliamente disponible a un precio módico. Es el inhibidor de la brotación de la papa más popular del mundo y puede aplicarse con termonebulizador, en aerosol, aspersión o inmersión acuosa o en forma de polvo. El CIPC se aplica después de la cosecha, después de la suberización de heridas durante la cosecha debido a que es un inhibidor mitótico el cual impide la división de las células necesarias para esta reparación. Es preferible aplicar el CIPC antes de la formación del brote (Ravel y Tissut 1984), aunque la aplicación a las papas brotadas también es eficaz, puesto que causa que los brotes se sequen. Podrá ser necesario realizar varias aplicaciones del CIPC, por ejemplo, en los países europeos en donde la tasa permitida de aplicación es relativamente baja. Las investigaciones recientes que se realizaron para disminuir los residuos y minimizar los efectos del color resultante de los productos fritos originó tasas de aplicación menores, metodologías refinadas de aplicación y tratamientos secuenciados o combinados con otros inhibidores.

Los residuos del CIPC relativamente elevados presentan la mayor inhibición de la brotación o disminución de la viabilidad (Boyd et al. 1982; Kim et al. 1972; Kleinkopf et al. 1997; Noel et al. 2004). El control de la brotación con el CIPC por lo general se considera irreversible en las tasas utilizadas comúnmente en Norteamérica, aunque los tubérculos con residuos inadecuados o aplicaciones que no sean constantes pueden retener la capacidad de brotación. Sin embargo, incluso niveles bajos de residuos de CIPC retrasarán de manera considerable el desarrollo de los brotes y afectarán en gran forma la resistencia de la planta si un cultivo se planta con tubérculos que han sido sometidos a tratamiento con el CIPC. Esta es la razón por la cual el CIPC no se aplica a tubérculos semilla y debe minimizarse cualquier posibilidad de exposición. En un estudio de investigación reciente que se realizó durante dos años en la Universidad de Idaho, las papas que recibieron tratamiento con varias tasas del CIPC (1.3 a 10 ppm) mostraron disminución del rendimiento de hasta un 94% (Frazier y Olsen 2012).

El CIPC se aplica con mayor frecuencia en forma de nebulizador aerosol el cual se introduce en el sistema de ventilación del lugar para almacenar papas después de la cosecha y el período de curación de heridas, generalmente 2 a 3 semanas, y antes que los tubérculos empiecen el período latente. Este método es generalmente bastante eficaz, pero depende de la aplicación de la cantidad correcta de producto por la cantidad de tubérculos sometidos a tratamiento, y también una buena distribución a todos los tubérculos a través del sistema de ventilación (Conte y Imbroglini 1995; Kleinkopf et al. 1997; Noel et al. 2004). Las cantidades grandes de suelo del campo adheridas a los tubérculos durante la cosecha o el suelo y los desechos alrededor de las papas pueden afectar la distribución del vapor del CIPC, causando la aplicación inadecuada del tratamiento a algunos tubérculos. Una sola aplicación de aerosol típica del CIPC de 20 a 25 ppm proporcionará hasta 9 meses de control de la brotación para variedades tales como Russet Burbank mantenidas a 7.2C. El nivel del control de la brotación está correlacionado considerablemente con el residuo del CIPC en el tubérculo. Los residuos más elevados del CIPC causan un mayor retraso o severidad en la disminución de la viabilidad (Boyd et al. 1982; Kim et al. 1972, Kleinkopf et al. 1997). Los factores tales como cultivares, tubérculos estresados, temperaturas de almacenamiento altas, etc. podrán necesitar una segunda aplicación del CIPC para un control satisfactorio durante períodos extensos de almacenamiento. Aunque hay una variabilidad menor en cuanto a la dosis óptima o duración del control, el CIPC puede considerarse eficaz en todos los cultivares.

El CIPC también puede aplicarse como emulsión acuosa la cual se asperja sobre los tubérculos cuando pasan por la banda o línea de embalaje. Esto se puede hacer ya sea cuando los tubérculos entran a la instalación de almacenamiento después de la cosecha y suberización, o después que culmine el período de almacenamiento cuando los tubérculos se están empacando para el mercado. Si se aplica después que se empacan para el mercado, el embalaje puede afectar la distribución del CIPC y disminuir la eficacia del inhibidor de la brotación (Mondy et al. 1993). Cuando se aplique el CIPC después del almacenamiento, es importante respetar los días en cuanto a la reglamentación del mercado y los límites máximos de residuos (LMR) para la jurisdicción correspondiente. Cualquier brote que esté presente en el tubérculo asperjado con el CIPC de esta manera por lo general se secará unos días después del tratamiento. Sin embargo, los ojos de los cuales crecen estos brotes pueden permanecer viables y posiblemente volver a brotar posteriormente. La duración del control de la brotación varía con la época del año, variedad, temperatura de almacenamiento y tasa de aplicación del CIPC pero los tubérculos generalmente pueden mantenerse por lo menos 8 semanas después de sacarlos del almacenamiento con ninguno o hasta poco desarrollo de la brotación.

### **1.3 Hidracida del ácido maleico (1,2-dihydropyridazine-3-6-dione; MH)**

La MH se ha utilizado como inhibidor de la brotación de la papa desde los años cincuenta. Es bastante eficaz y tiene bajo nivel de toxicidad (LD50 ca. rata oral 3800 mg/kg; Meister 2001). Se asperja sobre las plantas de papa vivas en el campo de producción cerca del final de la temporada de crecimiento pero antes de la senescencia o el desforracinado. El compuesto MH se pasa del follaje a los tubérculos e impide la brotación durante el almacenamiento. El momento de la aplicación es importante debido a que la MH puede alterar el rendimiento y tamaño del cultivo sometido a tratamiento, si se aplica muy temprano, pero su eficacia se disminuye si se aplica muy tarde.

La MH en ocasiones se aplica para prevenir la brotación y el crecimiento posterior de los tubérculos que no se han cosechado y que pueden permanecer en el campo después de la cosecha, para evitar papas espontáneas en el siguiente cultivo. La supresión de la emergencia depende del tamaño del

tubérculo y el nivel de residuo de la MH (Newberry y Thornton 2007). El desarrollo de la brotación ocurre con aplicaciones de MH pero el crecimiento se retrasa de manera sustancial. Las aplicaciones regulares de MH en campos comerciales retrasarán el comienzo de la brotación por aproximadamente 30 días y un alargamiento bastante retrasado de la brotación por lo menos durante 8 meses en almacenamiento. El tiempo de la aplicación de MH influirá en la duración del control de la brotación en almacenamiento. Para el control a largo plazo, los tubérculos generalmente se someten a un tratamiento durante el almacenamiento con otro inhibidor tal como el CIPC.

#### 1.4 Aceites esenciales

Este grupo incluye varios compuestos aromáticos y volátiles relacionados los cuales se extraen de las plantas o partes de ellas. El método de acción consiste en dañar físicamente al brote en desarrollo, el cual luego se arruga y se seca (Coleman et al. 2001; Baydar and Karadoga 2003/4). Se desarrollará tejido de brotación adicional el cual debe dañarse con otras aplicaciones del producto para lograr el control de la brotación a largo plazo. Debido al método de acción de estos productos, un brote debe estar presente al momento del tratamiento para que el control sea eficaz. Todos estos aceites esenciales pueden utilizarse solos o juntos con el CIPC u otro producto para el control de la brotación.

- Aceite de clavo - es el aceite esencial que se extrae del capullo seco de *Syzygium aromaticum*. El ingrediente activo es el eugenol (LD50 rata oral ~1900 mg/kg). Puede retardar eficazmente la brotación si se aplica a aproximadamente 100 ppm y bajo condiciones de almacenamiento favorables, aunque es necesario realizar varias aplicaciones para el control durante toda la estación (Kleinkopf et al. 2003). Se aplica como termonebulizador o con aspersión, y también puede utilizarse junto con el CIPC o como complemento del CIPC u otros tratamientos inhibidores de la brotación. El aceite de clavo también tiene algunas propiedades fungicidas. Una aplicación de aceite de clavo en aerosol, según la temperatura de almacenamiento y variedad, puede retrasar la inhibición entre 2 a 5 semanas.
- Aceites de menta – Los aceites esenciales que se extraen de la hierbabuena (*Mentha spicata*) y menta (*M. piperata*) son útiles para retardar la brotación de la papa. Estas mezclas de componentes aromáticos contienen principalmente carvone (*M. spicata*) o mentol y mentona (*M. piperata*). Estos pueden aplicarse con diseminación del vapor, aerosol frío o termonebulizador. Los vapores dañan físicamente al tejido brotado, pero es necesario realizar varias aplicaciones para el control durante toda la temporada. La eficacia de los aceites de menta para inhibir la brotación de la papa depende del cultivar (Kleinkopf et al. 2003). El sabor de los tubérculos sometidos a tratamiento puede verse afectado por algunos de los aceites de menta. Una aplicación de aceite de menta, según la temperatura y variedad, puede retardar la brotación entre 2 a 5 semanas.
- Carvone - El carvone es el componente principal del aceite esencial del carvi (*Carum carvi*) y plantas relacionadas (LD50 ca. rata oral 1600 mg/kg). El efecto inhibidor del carvone en la brotación de papas se reconoció por primera vez en los años noventa (Hartmans et al. 1995, Oosterhaven et al. 1995). Retarda la brotación de manera muy eficaz si se aplica en forma apropiada (Hartmans et al. 1995; Kaltet al. 1999; Pranaitiene et al. 2008), y brinda alguna actividad fungicida contra algunos patógenos de poscosecha (Hartmans et al. 1995). No afecta el color de los productos procesados tales como papas a la francesa o papas fritas.

También puede utilizarse junto con el CIPC u otro producto para el control de la brotación. El carvone es útil para aplicaciones en tubérculo semilla (Sorice et al. 1997).

El carvone, los aceites de menta y el aceite de clavo tienen poco o ningún efecto en la viabilidad de la semilla y pueden utilizarse para manejar la brotación de semillas de papa. Las semillas de papa sometidas a tratamiento producirán un cultivo de papa saludable.

## 1.5 Naftalenos

Este grupo incluye componentes sucedáneos de los naftalenos con actividad de inhibición de la brotación, los cuales se dieron a conocer por primera vez en los años cincuenta.

- 1, 4-Dimetilnaftaleno (DMN) (Beveridge et al. 1981a y b)

El DMN se desarrolló como tratamiento comercial para el control de la brotación de la papa en los años noventa (Lewis et al. 1997). El DMN es muy eficaz, tiene un nivel de toxicidad bajo (LD50 ca. rata oral 2700 mg/kg), tiene poco o ningún efecto en el color durante el procesamiento. El DMN puede aplicarse como aerosol, vapor caliente o como aspersion acuosa. Se retrasa la brotación, y cuando aparecen los brotes, estos son cortos y se expanden en forma radial. Se requieren varias aplicaciones para el control durante toda la temporada, pero los efectos son reversibles. Beveridge et al. (1981b) y Knowles et al. (2005) encontraron que 1,4-DMN es capaz de utilizarse para semillas de papa, y se recomiendan algunos productos para mejorar el rendimiento en el campo. El DMN puede combinarse o complementarse con el CIPC para disminuir las tasas de aplicación, y por ende, los niveles de residuos de ambos productos en los tubérculos en el mercado.

- 2,6- Diisopropilonaftaleno (DIPN)

El DIPN es otro de los sucedáneos de los naftalenos (LD50 ca. rata oral 3400 mg/kg). En los tubérculos se encuentra una concentración muy baja de DIPN en forma natural. Fue uno de los varios volátiles que se recolectó de los tubérculos en estado latente en un estudio realizado durante principios de los años setenta (Beveridge et al. 1981). Se cree que su función en el tubérculo está relacionada con el estado latente y el descanso. Se ha encontrado que la aplicación exógena de DIPN inhibe la brotación durante el almacenamiento (Lewis et al. 1997). El DIPN se aplica casi exclusivamente junto con el CIPC.

Los naftalenos tienen poco o ningún efecto en la viabilidad y DMN se recomienda actualmente para prevenir la brotación prematura de tubérculos de papa.

## 1.6 Gas etileno

El gas etileno es un regulador del crecimiento de la planta bien caracterizado que se cree que todas las plantas son capaces de producir y al cual responden en alguna etapa de su ciclo de vida. El efecto doble del etileno en la brotación de la papa se dio a conocer por primera vez en los años treinta, a saber, el etileno promueve e inhibe la brotación (Elmer 1936). Esta contradicción aparente se atribuyó posteriormente a las diferencias en la duración de la exposición (Rylski et al. 1974). El potencial comercial del etileno como un inhibidor de la brotación de la papa se identificó en los años noventa (Prange et al. 1998), y se ha utilizado comercialmente en varios países por aproximadamente una década.

El etileno como reductor de la inhibición de la brotación de la papa actúa inhibiendo el alargamiento del brote en crecimiento (Prange et al. 1998). Los tubérculos deben exponerse al etileno de forma continua durante el período de almacenamiento. El desarrollo de los brotes se retrasa en los tubérculos que se han sometido al tratamiento con etileno en comparación con los que no han recibido tratamiento y estos brotes permanecen cortos y adheridos débilmente a los tubérculos, aunque la respuesta varía un tanto entre cultivares (Prange et al. 1998; Daniels-Lake et al. 2005). El efecto inhibitor del etileno no es permanente, y el crecimiento de la brotación avanza cuando termina la exposición al etileno. Esto lo hace útil para retrasar la brotación de los tubérculos semilla.

### **1.7 Peróxido de hidrógeno**

El peróxido de hidrógeno retrasa la brotación de la papa dañando físicamente al tejido brotado (Afek et al. 2000). Se aplica como una mezcla acuosa a través del sistema humidificador del edificio de almacenamiento, y es necesario realizar reaplicaciones frecuentes para el control de la brotación (Kleinkopf et al. 2003). En estudios de laboratorio también se ha encontrado que el peróxido de hidrógeno disminuye a los patógenos. El control de la brotación con el peróxido de hidrógeno es solamente temporal; con el tiempo, los brotes nuevos rebrotan de los ojos de la papa.

### **1.8 Irradiación**

En los años cincuenta se demostró que la irradiación era eficaz para inhibir la brotación de papa (Sawyer y Dallyn 1956; Sparrow y Christiansen 1954). Desde esa fecha, los investigadores han estudiado el uso de la irradiación de varias fuentes entre ellas, rayos X, haz de electrones o rayos gamma de los isótopos radiactivos, aplicados a una dosis de 0.01 a 2.0 kGy<sup>5</sup>, con almacenamiento después del tratamiento a temperaturas que fluctuaron entre 1 a 29 ° C (Burton, 1975; Frazier et al. 2006; Olsen et al. 2011; Rezaee et al. 2011; Todoriki y Hayashi 2004; Thomas y Sparks 1984). Algunos cultivares se encontraron más sensibles a los tratamientos de irradiación que otros. El tiempo del tratamiento de irradiación, a saber, el tiempo después de la cosecha o la edad fisiológica de los tubérculos se encontraron que influían en la eficacia de la inhibición de la brotación en algunos estudios. Algunos investigadores encontraron que las papas irradiadas no produjeron brotes o plantas viables incluso a dosis relativamente bajas, mientras que en otros informes se encontró que la respuesta estaba relacionada con la dosis, con poco efecto a dosis bajas y mayor inhibición de la brotación con dosis mayores y tratamientos anteriores (Frazier et al. 2006; Olsen et al. 2011; Rezaee et al. 2011; Todoriki y Hayashi 2004; Thomas y Sparks 1984). La duración del almacenamiento después de la irradiación fluctuó entre 1.5 a 9 meses en la mayoría de los estudios, con algunos estudios anteriores de 1 o 2 años de duración.

En la recopilación extensa de conclusiones de investigaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica, se llegó a la conclusión de que:

*“En papas las dosis entre 0.05 y 0.15 kGy, preferiblemente una fluctuación de dosis entre 0.07 a 0.15 kGy, es suficiente para inhibir la brotación sin importar el cultivar, tiempo de irradiación y la temperatura de almacenamiento posterior a la irradiación”.* Este documento también indicó que *“Los brotes ya presentan marchitez durante almacenamiento y se evita el desarrollo de brotes nuevos. La dosis que exceda 0.15 a 0.20 kGy puede causar mayor oscurecimiento o color pardo,*

---

<sup>5</sup> Siguiendo la convención del IAEA (1997), la dosis de irradiación se presentan en las unidades SI, a saber, Gray o kGray (Gy o kGy, respectivamente). Nota: 1 Gy = 100 rad.

*menor capacidad para curar heridas, mayor podredumbre en almacenamiento, deterioro, endulzamiento, disminución del contenido vitamínico y cambios en la composición química que no desaparece durante el almacenamiento posterior” (IAEA 1997).*

Se han notificado mayores problemas fisiológicos, mayor susceptibilidad a enfermedades, disminución de la calidad del tubérculo, disminución de la curación de heridas, mayores concentraciones de azúcar en el tubérculo y color de procesamiento más oscuro en varias dosis, aunque estos son peores en dosis altas (Burton 1975; Islam et al. 1985; Frazier et al. 2006; Olsen et al. 2011; Rezaee et al. 2011; Thomas 1982). La investigación reciente se ha centrado en la aplicación de dosis menores de irradiación para disminuir los efectos negativos (Frazier et al. 2006; Olsen et al. 2011; Rezaee et al. 2011; Todoriki y Hayashi 2004). La irradiación comercial de papas no se está haciendo en este momento en Norteamérica, y la investigación es continua para evaluar la factibilidad del uso de la irradiación para este fin.

### **1.9 Productos que actualmente se están desarrollando pero que aún no se utilizan en un país de la NAPPO**

- Cetona no saturada

3-Decen-2-one es uno de los varios componentes relacionados con propiedades que reducen la brotación en papas. Se permite su uso en EE. UU. como agente saborizante en alimentos, y el registro como inhibidor de la brotación de papa se está realizando tanto en Canadá como en EE. UU. Este componente daña físicamente a los brotes y se ha logrado control durante toda la temporada con tan solo algunas aplicaciones. Sin embargo, el efecto inhibidor de 3-decen-2-one no es permanente; los tubérculos eventualmente volverán a brotar. Las aplicaciones de aerosol darán aproximadamente 3 a 8 semanas de control de la brotación según la variedad y temperatura de almacenamiento.

- Otros componentes

Se ha encontrado que varios componentes adicionales inhiben la brotación de la papa, incluyendo al salicilaldehído, jasmonatos, farneseno, glifosato, etc. Las investigaciones han demostrado que son eficaces, sin embargo ninguno se ha comercializado o ha sido adoptado por la industria de papa. Según las conclusiones de las investigaciones dadas a conocer a la fecha, no se espera que ninguno convierta a los tubérculos en no viables en forma permanente.

## **2. Rendimiento no tan óptimo**

El rendimiento no tan óptimo del inhibidor de la brotación puede surgir a raíz de una serie de circunstancias distintas. Esto incluye la aplicación de una cantidad insuficiente del inhibidor de la brotación para lograr el resultado deseado, aplicación desigual o incompleta a los tubérculos, aplicación a un tiempo o etapa de crecimiento inapropiados y almacenamiento de los tubérculos sometidos a tratamiento bajo condiciones que puedan disminuir la eficacia del inhibidor de la brotación o acelerar el envejecimiento fisiológico de los tubérculos. Se requiere tener cuidado para asegurar que el tratamiento para el control de la brotación se aplique a la concentración apropiada, y bajo temperaturas y condiciones de ventilación óptimas para lograr los resultados deseados, a saber, retrasando la brotación de los tubérculos sometidos a tratamiento durante un período extenso de tiempo.. Además, algunos ingredientes activos de los inhibidores de la brotación, incluyendo al

chlorpropham pueden disminuir considerablemente a temperaturas de almacenamiento elevadas (Sanli et al. 2010), por ejemplo, en almacenamiento natural bajo condiciones ambientales.

El efecto obvio del rendimiento no tan óptimo del inhibidor de la brotación es la posibilidad de que las papas sometidas a tratamiento produjeran brotes y/o plantas nuevas en algún momento después de haber sido sometidas a tratamiento. Además del riesgo de dispersión de plagas, otras consecuencias posibles incluyen la disminución de la calidad del tubérculo y su calidad culinaria, resulta menos atractivo para el mercado, pérdida acelerada de peso y apariencia arrugada, mayores concentraciones de azúcar en el tubérculo y posible violación de los derechos de los expertos en fitomejoramiento o patentes internacionales de plantas.

### **3. Candidatos para consideración del panel de papas**

Entre los métodos de inhibición de la brotación de papa que se encuentran disponibles y que se describen arriba, el CIPC y la irradiación son los más probables que ofrezcan suficiente duración del control para merecer la consideración del Panel de Papas. La MH sola o junto con el CIPC puede retardar considerablemente el desarrollo de la brotación y puede ser beneficioso en un programa integrado para el control de la brotación a largo plazo. Todos los otros solo brindan reducción de la brotación a corto plazo o brotación reversible y por ende, no son buenos candidatos para este fin. Además, en almacenamiento natural utilizando condiciones ambientales, la duración del control con cualquier producto inhibidor de la brotación puede acortarse considerablemente.

El CIPC es ligeramente volátil y los tubérculos también pueden metabolizarlo lentamente en componentes menos inhibidores. A medida que aumenta el tiempo después de la aplicación, el residuo del CIPC en los tubérculos sometidos a tratamiento disminuye gradualmente y por ende, lo hace la inhibición de la brotación. Si el tratamiento del CIPC se distribuyó mal o si la tasa inicial de aplicación fue baja, o si el residuo del CIPC ha disminuido con el tiempo, algunos de los tubérculos pueden empezar a brotar y producir una planta de papa. Esta posibilidad aumenta en cuanto los tubérculos envejecen fisiológicamente y/o cuando los tubérculos se exponen a condiciones favorables de crecimiento tales como temperaturas cálidas. Aunque otros inhibidores de la brotación tales como DMN, DIPN o aceite de clavo aplicados solos brindan una duración más corta de la inhibición de la brotación que lo hace el CIPC aplicado solo, cuando se aplica junto con el CIPC o en secuencia con éste las combinaciones podrán ser más eficaces que cada producto solo. Sin embargo, hay muy poco trabajo de investigación publicado sobre si estas combinaciones de tratamientos pueden convertir a los tubérculos completamente en no viables, o prevenir la brotación durante un período extenso de tiempo para que sea adecuado para las necesidades del Panel de Papas.

La irradiación puede ser un método de inhibición de la brotación muy eficaz, pero hay algunos efectos secundarios no deseados del tratamiento de irradiación, tal como se indicó arriba. Al igual que el CIPC, si el tratamiento de irradiación se aplica a una dosis muy baja para disminuir las consecuencias negativas, el tratamiento puede no ser suficiente para que los tubérculos sean completamente no viables. Esto podría permitir que los tubérculos que permanecen sin utilizarse por un período extenso de tiempo después del tratamiento eventualmente broten y/o se conviertan en plantas.

En por lo menos dos de los tres países de la NAPPO, los alimentos que han recibido tratamiento con irradiación deben etiquetarse claramente como tales en el empaque o en el exhibidor en el mercado.

#### **4. Limitación de los usos finales de la papa en el comercio**

Resulta útil considerar lo que constituye un tubérculo no viable. Si la meta es la seguridad plena de que todos los ojos de los tubérculos nunca, pero nunca podrán brotar para producir retoños o plantas nuevas, esto establece una norma muy alta la cual puede no logarse en términos prácticos. Los tubérculos de papa son partes vivas de las plantas, y su propósito funcional es crecer para convertirse en planta nueva. Cocinarlos puede ser el único método que convierte completamente a los tubérculos de papa en 100% no viables, puesto que todos los inhibidores de la brotación pueden ocasionalmente fallar bajo circunstancias extremas, y los informes anecdóticos muestran que algunas veces los tubérculos incluso sobreviven el congelamiento o la resequedad en el campo. Sin embargo, cuando la intención es mercadear tubérculos frescos y sin cocinar, el cocimiento como tratamiento antibrotante simplemente no resulta razonable.

Un objetivo más alcanzable podría ser un tratamiento de inhibición de la brotación que resulte en una posibilidad muy baja de brotación antes del tiempo máximo que se espera que los tubérculos permanezcan en las manos de los consumidores antes de consumirlos. Esto formaría parte de un sistema global para manejar de manera eficaz las papas que se comercian en el ámbito internacional, junto con las directrices de manipulación, inspección de tubérculos e instalaciones, y medidas de saneamiento tales como clasificación, calificación y lavado. Aunque puede ser imposible controlar o pronosticar todos los usos posibles de los tubérculos de papa importados, el etiquetado en el mercado como “inhibición del brote” o “incapaces de crecer” o algún mensaje similar ayudaría a disuadir el uso deliberado de estos tubérculos para semilla.

#### **Literatura citada**

Afek, U., J. Orenstein y E. Nuriel. 2000. Using HPP (hydrogen peroxide plus) to inhibit potato sprouting during storage. *American Journal of Potato Research* 77:63-65.

Baydar, H. y T. Karadogan. 2003/4. The effects of volatile oils on in vitro potato sprout growth. *Potato Research* 46:1-8.

Beveridge, J.L., J. Dalziel y H.J. Duncan. 1981a. The assessment of some volatile organic compounds as sprout suppressants for ware and seed potatoes. *Potato Research* 24:61-76.

Beveridge, J.L., J. Dalziel y H.J. Duncan. 1981b. Dimethlnaphthalene as a sprout suppressant for seed and ware potatoes. *Potato Research* 24:77-88.

Boyd, I, J. Dalziel y H.J. Duncan. 1982. Studies on potato sprout suppressants. 5. The effect of chlorpropham contamination on the performance of seed potatoes. *Potato Research* 25:51-57.

Burton, W. G. 1975. The immediate effect of gamma irradiation upon the sugar content of potatoes previously stored at 2, 4.5, 6, 10 and 15.5 °C. *Potato Research* 18:109-115.

Burton, W.G. 1989. Dormancy and sprout growth. En: W.G. Burton, editor. The Potato, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York. p. 470-504.

Coleman, W.K., G. Longergan y P. Silk. 2001. Potato sprout growth suppression by menthone and neomenthol, volatile oil components of *Minthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon*, and *Mentha* species. *American Journal of Potato Research* 78:345-354.

Conte, E. y G. Imbroglini. 1995. Presence of sprout inhibitor residues in potatoes in relation to application techniques. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 43:2985-2987.

Daniels-Lake, B.J., R.K. Prange, J. Nowak, S.K. Asiedu, y J.R. Walsh. 2005. Sprout development and processing quality changes in potato tubers stored under ethylene: 1. Effects of ethylene concentration. *American Journal of Potato Research* 82:389-397.

Elmer, O.H. 1936. Growth inhibition in the potato caused by a gas emanating from apples. *Journal of Agricultural Research* 52:609-626.

Frazier, M.J., G. Kleinkopf, R. Brey, y N. Olsen. 2006. Potato Sprout Inhibition and Tuber Quality after Treatment with High-energy Ionizing Radiation. *American Journal of Potato Research* 82:31-39.

Frazier, M.J. y N. Olsen. 2012. The Effects of Seed Potato Exposure to Low-rates of Chlorpropham on Field Performance. *American Journal of Potato Research* 89:35.

Hartmans, K.J., Diepenhorst, P., Bakker, W. y L.G.M. Gorris. 1995. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other diseases. *Industrial Crops and Prod.* 4:3-13.

IAEA. 1997. Irradiation of Bulbs and Tuber Crops - A Compilation of Technical Data for Its Authorization and Control TECDOC-937. International Atomic Energy Agency, Vienna.

Islam, M.S., A.Karim, D.Is.Langerak y M.M.Hossain.1985. The effect of lowdose irradiation on the physico-chemical changes of potatoes during storage. *Bangladesh Journal of Agriculture* 10:31-40.

Kalt, W., R. Prange y B. Daniels-Lake. 1999. Alternative compounds for the maintenance of processing quality of stored potatoes (*Solanum tuberosum*). *Journal of Food Processing and Preservation* 23:71-81.

Kim, M.S.L., EE Ewing y JB Siczka. 1972. Effects of chlorpropham (CIPC) on sprouting of individual potato eyes and on plant emergence. *American Potato Journal* 49:420-431.

Kleinkopf, G.E., T.L. Brandt, M.J. Frazier y G. Moller. 1997. CIPC residues on stored Russet Burbank potatoes: 1. Maximum label application. *American Potato Journal* 74:107-117.

Kleinkopf, G., N. Oberg y N. Olsen. 2003. Sprout Inhibition in Storage: Current Status, New Chemistries and Natural Compounds. *American Journal of Potato Research* 80:317-327.

Knowles, N.R., L. Knowles y M.M. Haines. 2005. 1,4-Dimethylnaphthalene treatment of seed potatoes affects tuber size distribution. *American Journal of Potato Research* 82:179-190.

Lewis, M., G.E. Kleinkopf y K. Shetty. 1997. Dimethylnaphthalene and diisopropylnaphthalene for potato sprout control in storage: 1. Application methodology and efficacy. *American Potato Journal* 74: 183-197.

Meister, R. T., editor. 2001. 2001 Farm Chemicals Handbook, volume 87. Meister Publishing, Willoughby, OH, USA.

Mondy, N., U. Reddy y C. Munshi. 1993. Effect of packaging material on the quality of potatoes treated with isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate (CIPC). *Journal of Food Quality* 16:393-403.

Newberry, G.D. y R.E. Thornton. 2007. Suppression of volunteer potatoes with maleic hydrazide applications. *American Journal of Potato Research* 84:253-258.

Noel, S., B. Huyghebaert, O. Pigeon, B. Weickmanes y O. Mostade. 2004. Study of potato sprout inhibitor treatments with chlorpropham (or CIPC). *Aspects of Applied Biology* 71:65-73.

Olsen, N., M. J. Frazier, R. Ingham y J. Keeling. 2011. The feasibility of irradiation as a phytosanitary tool for sprout control and nematode destruction in potato tubers for export, Final report 2010-11. Report of research findings to the US National Potato Council, Washington, DC.

Oosterhaven, K., K. J. Hartmans y J. J. C. Scheffer. 1995. Inhibition of potato sprout growth by carvone enantiomers and their bioconversion in sprouts. *Potato Research* 38:219-230.

Pranaitiene, R., H. Danilcenko, E. Jariene y Z. Dabkevicius. 2008. The effect of inhibitors on the changes of potato tuber quality during the storage period. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 6:231-235.

Prange, R.K., W. Kalt, B. Daniels-Lake, C.L. Liew, R.T. Page, J.R. Walsh, P. Dean y R. Coffin. 1998. Using ethylene as a sprout control agent in stored 'Russet Burbank' potatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123:463-469.

Rezaee, M, M.Almassi, A.M.Farahani, S.Minaei y M.Khodadadi. 2011. Potato sprout inhibition and tuber quality after postharvest treatment with gamma irradiation on different dates. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13:829-841.

Rylski, I., L. Rappaport y H.K. Pratt. 1974. Dual effects of ethylene on potato dormancy & sprout growth. *Plant Physiology* 53:658-662.

Ravanel, P. y M. Tissut. 1984. Mitochondrial changes during storage of untreated or CIPC-treated potatoes. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 22:1-7.

Şanlı,A, Karadoğan,T, Tonguç, M. y H. Baydar. 2010. Effects of caraway (*Carum carvi* L.) seed on sprouting of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers under different temperature conditions. *Turkish Journal of Field Crops* 15: 54-58.

Sawyer, R.L. y S.L. Dallyn. 1956. Vaporized chemical inhibitors and irradiation, two new methods of sprout control for tuber and bulb crops. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 67:514.

Sorce, C., R. Lorenzi y P. Ranalli. 1997. The effects of (S)-(+)-carvone on seed potato tuber dormancy and sprouting. *Potato Research* 40:155-161.

Sparrow A.H. y E. Christensen. 1954. Improved storage quality of potatoes after exposure to  $\text{Co}^{60}$  gammas. *Nucleonics* 12: 16-17.

Thomas, P. 1982. Wound-induced suberization and periderm development in potato tubers as affected by temperature and gamma irradiation. *Potato Research* 25: 155-164.

Thomas,P y W.C. Sparks. 1984. Radiation preservation of foods of plant origin. Part 1. Potatoes and other tuber crops. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 19: 327-379.

Todoriki, S. y T. Hayashi. 2004. Sprout inhibition of potatoes with soft-electron (low-energy electron beams). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84:2010-2014.

# **APÉNDICE 1: Términos de referencia para el Grupo Asesor Técnico sobre inhibición del brote de la papa**

**4 de octubre de 2010**

## **Antecedentes**

Durante la reunión anual del 2008, se solicitó al Panel de Papa de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas (NAPPO) que considerara la revisión de la eficacia de varios inhibidores de la brotación de la papa. En la actualidad, varios productos disponibles comercialmente se utilizan para inhibir el brote de tubérculos de papa para mantener la calidad para el uso previsto (consumo fresco) y en situaciones específicas para mitigar la posible dispersión de plagas. Ahora existe la necesidad de recopilar toda la información científica pertinente y la opinión imparcial sobre los niveles de eficacia de los inhibidores de la brotación que están disponibles comercialmente para prevenir el brote de tubérculos de papa.

## **Finalidad**

La finalidad del Grupo Asesor Técnico sobre inhibidores de la brotación de la papa (GAT-IBP) es recolectar y presentar información científica sobre la eficacia de los diversos tratamientos que se utilizan para controlar la brotación de tubérculos de papa. La información y consideraciones que se presentan ayudarán a guiar a la NAPPO, las autoridades normativas respectivas y a los representantes de la industria a formular una opinión sobre su utilidad como medida de mitigación del riesgo para controlar varias plagas de papa.

## **Objetivo**

Elaborar un documento de discusión que proporcione información científica y técnica sobre la eficacia de varios productos y tratamientos que inhiben el brote de la papa que están disponibles en la actualidad para los productores e interesados en papas. Cualquier referencia a un tratamiento específico se realizará por categoría de ingrediente activo y no por el nombre comercial del producto.

## **Membrecía**

El GAT-IBP estaría integrado por tres expertos técnicos, uno de cada país miembro de la NAPPO y un representante del panel de papa de la NAPPO.

## **Funciones y responsabilidades**

El GAT-IBP nombrará a un presidente quien dirigirá las discusiones, tareas y proporcionará un documento de discusión a los miembros del panel de papa de la NAPPO.

El GAT-IBP revisará los términos de referencia que se sugieren y, de ser necesario, buscará aclaraciones de parte de los miembros del panel de papa de la NAPPO. Se exhorta al GAT-IBP a

brindar con regularidad actualizaciones a los miembros del panel de papa de la NAPPO y buscar aclaración o aportaciones de parte de ellos, siempre que se requieran.

Se exhorta a los miembros del GAT-IBP establecer comunicación con sus colaboradores y otros expertos para recopilar toda la información científica y técnica valiosa para avanzar con la formulación del documento de discusión que se sugiere.

Los miembros del GAT-IBP deberían fomentar un diálogo abierto y el intercambio de información científica y técnica, se considerarán todos los puntos de vista a la vez que se busca un consenso.

Durante el proceso que se utilice para elaborar el documento de discusión, el GAT-IBP tomará en cuenta:

1. Caracterizar la eficacia de los diversos productos y tratamientos para el control de la brotación de tubérculos de papa y abordar los productos y tratamientos futuros que puedan estar disponibles para el control de la brotación incluyendo, los orgánicos y la irradiación.
2. Abordar los efectos del rendimiento no tan óptimo.
3. Describir lo anterior en contexto con los inhibidores de la brotación que se encuentren disponibles.
4. Presentar una perspectiva general sobre la utilización de medidas de control de la brotación del tubérculo para limitar los usos finales de papa en el comercio.

### **Procesos y calendario**

Se espera que los miembros del GAT-IBP realicen esta tarea mediante conferencias telefónicas, video conferencias e intercambio de documentos en forma electrónica.

El presidente del GAT-IBP debería proporcionar informes regulares de avance a los miembros del panel de papa de la NAPPO, como mínimo un informe cada seis meses.

A pesar de que no hay un calendario definitivo para presentar el documento final de discusión, el GAT-IBP debería considerar la conclusión de esta tarea para septiembre del 2011.

### **Lista de miembros del GAT-IBP e información de contacto**

<b>Nombre</b>	<b>Organización</b>	<b>Teléfono</b>	<b>Dirección electrónica</b>
Dra. Nora Olsen	Universidad de Idaho	208-736-3621	<a href="mailto:norao@uidaho.edu">norao@uidaho.edu</a>
Dr. Richard Zink	APHIS (representante del Panel de Papa)	970-490-4472	<a href="mailto:Richard.T.Zink@aphis.usda.gov">Richard.T.Zink@aphis.usda.gov</a>
Barbara Daniels-Lake	Ministerio de Agricultura y Agroalimentos de Canadá	902-679-5764	<a href="mailto:barbara.daniels-lake@agr.gc.ca">barbara.daniels-lake@agr.gc.ca</a>
Humberto López	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	011-52-722-232-9833	<a href="mailto:lopez.humberto@inifap.gob.mx">lopez.humberto@inifap.gob.mx</a>

## APÉNDICE 2: Métodos de inhibición de la brotación y su condición normativa en los tres países de la NAPPO.

Inhibidor de la brotación	Formulación o método de aplicación	Registros existentes, por país		
		Canadá	México	EE. UU.
<u>Aprobada actualmente en por lo menos uno de los países miembros de la NAPPO</u>				
Almacenamiento a baja temperatura	Temperaturas sin congelamiento, usualmente entre 4 y 13° C, según el uso final para las papas	Registro innecesario	Registro innecesario	Registro innecesario
Chlorpropham	Sólido o líquido para nebulizador aerosol, aplicado posterior a la cosecha después del curado	tasa: 1.2 a 3.75 kg a.i. por 100 toneladas de tubérculos, por aplicación. Podrá repetirse, de ser necesario LMR: 15 ppm	En la actualidad, no hay químicos inhibidores de la brotación para papa que se hayan registrado para uso en México	Tasa: Depende de la temperatura de almacenamiento y la duración. Aplíquese 13 a 28 ppm CIPC por aplicación. Aplicación adicional, de ser necesario, pero sin exceder 28 ppm acumulativo. CIPC y mezcla de aceite de clavo a una tasa de 5-28 ppm de CIPC. LMR: 30 ppm
	Concentrado emulsionable, mezclado con agua para aspersión, aplicado poscosecha (por ejemplo, en la fila de empaque)	tasa: 1 kg a.i. por 100 toneladas de tubérculos de papas LMR: 15 ppm		Tasa: Máximo 10 ppm o 1% ai solución LMR: 30 ppm

Hidracida del ácido maleico		Gránulos solubles, disueltos en agua por aplicación por aspersión antes de la cosecha	tasa: 9.27 kg a.i. por ha, aplicado en 300 L de agua LMR: 50 ppm		Tasa: 1.3 gal/A LMR: 50 ppm
Aceites esenciales	Carvona	Líquido para nebulizador, aplicado poscosecha	no registrado		no registrado
	Aceite de clavo	Líquido para nebulizador, aplicado poscosecha	no registrado		Tasa: 27-87 ppm LMR: ninguno
		Concentrado emulsionable, para aspersión, aplicado poscosecha (en la fila de empaque)	no registrado		Tasa: formulación orgánica = 8,300 a 18,400 ppm; formulación no orgánica = 8,000-19,500 ppm formulación no orgánica aplicada con CIPC EC = 4 – 8 % ai. LMR: ningno
	Aceites de menta	Líquido para nebulizador, aplicado poscosecha	no registrado		Tasa: según corresponda (~50 a 100 ppm). LMR: ninguno
Naftalenos	1,4-Dimetilnaftaleno	Líquido para nebulizador, aplicado poscosecha	tasa: 10 a 20 mL a.i. por tonelada de tubérculos de papa LMR: ninguno		Tasa: 20 ppm LMR: ninguno
	2,6-Diisopropilonaftaleno	Líquido para nebulizador, aplicado poscosecha	no registrado		Tasa: 25 ppm. Utilizado junto con CIPC. LMR: 2 ppm
Etileno		Gas comprimido, aplicado de manera continua poscosecha	tasa: 4 ppm en atmósfera de almacenamiento LMR: ninguno		no registrado

		Generación en sitio del etanol líquido calentado, aplicado en forma continua poscosecha	no registrado		no registrado
Peróxido de hidrógeno		Líquido estabilizado para nebulizador, aplicado poscosecha	No registrado para inhibición de la brotación (uso solamente como bactericida y fungicida)		Tasa: 1:5 dilución; aplicar según sea necesario. LMR: ninguno
Irradiación		Radiación Gamma desde fuente de $^{60}\text{Co}$ o $^{137}\text{Cs}$ o rayos X de una máquina o haz de electrón de una máquina	Tasa: 0.15 kGy exposición máxima, desde una fuente de $^{60}\text{Co}$ LMR: n/a		Sin uso comercial
<u>Productos en desarrollo</u>					
Cetona no saturada	3-decen-2-one	Líquido para nebulizador, aplicado poscosecha	Registro pendiente		Registro pendiente
Otros componentes	salicilaldehído, jasmonatos, farneseno, glifosato, etc.		Ninguno registrado		Ninguno registrado