

EFFECTO DE LA CIANAMIDA HIDROGENADA SOBRE EL REPOSO DE TUBERCULOS DE PAPA (*Solanum tuberosum*) cv. 'ATZIMBA'

Eric Guevara *
Jorge Herrera **

ABSTRACT

Effect of hydrogen cyanamide on dormancy of potato tubers (*Solanum tuberosum*) cv. 'Atzimba'. Potato tubers were treated by spraying and immersion for 5, 10 and 15 minutes in hydrogen cyanamide solutions (0, 1.5 and 3%). Sprouting, field emergence and yield were evaluated; results showed some effect of cyanamide in sprouting, nevertheless results in emergence and yield were erratic, the controls obtaining the best results. The doses used proved to be inhibitory, causing undesirable effects. A second experiment under laboratory conditions was designed, using doses of 0, 0.1, 0.5 and 1% hydrogen cyanamide for 10 minutes, alone or in combination with gibberellic acid. Results indicated a higher metabolic activity in tubers treated with cyanamide, best results over sprouting were obtained with lower doses, in combination with gibberellic acid. The metabolic effects of this substance on the tuber are discussed.

INTRODUCCION

Los tubérculos de papa presentan naturalmente el fenómeno de reposo, que consiste en un período de inactividad del tubérculo (Cásseres, 1980), durante el cual las yemas permanecen inactivas (Dutta y Kaley, 1968), y no hay división celular aún cuando las condiciones de humedad, temperatura y oxígeno en el medio sean óptimas para su desarrollo (Burton, 1968).

De acuerdo con esto, la brotación puede durar de uno a seis meses después de cosechado el tubérculo (Burton, 1968). Este fenómeno constituye

un obstáculo en aquellos casos en que el agricultor necesita sembrar tubérculos de cosecha reciente. El problema es aún más grave cuando en el mercado se agota la existencia de semilla brotada, con la consecuente alza en los precios.

Dentro de los factores que inciden directamente en la duración del reposo están: el cultivar, la edad de la planta, la temperatura de almacenamiento, la temperatura durante el ciclo de cultivo, así como daños mecánicos y lesiones. Durante este período el metabolismo general es bajo, hay un equilibrio antagónico entre el ácido abscísico y bajos niveles de giberelina (Blumenthal-Goldschmidt y Rappaport, 1965). Al término del período de reposo se observan una serie de cambios bioquímicos, tales como, aumento de giberelinas y disminución de los niveles de ácido abscísico, división y expansión celular, activación de genes y un aumento en la tasa de respiración (Bool, 1961; Madison y Rappaport, 1965).

En vista de lo conveniente que resultaría para el agricultor el interrumpir el período de reposo, con el objeto de acelerar su siembra, se han utilizado

1/ Recibido para publicación el 26 de octubre de 1988.
* Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Ambos autores son beneficiarios del Programa Financiero de Apoyo a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

diferentes tratamientos físicos y químicos. Una buena prebrotación antes de la siembra bajo condiciones climáticas adecuadas asegura una emergencia regular y uniforme y una maduración temprana de los tubérculos en plantas, con un desarrollo moderado del follaje. La acción de las sustancias que estimulan la brotación depende en general del cultivar y del estado de reposo. La acción de tales sustancias no es necesariamente directa, sino que su efecto puede ser mediante la acumulación o disminución de alguna otra sustancia, que podría ser la que actúe en forma directa o bien abriendo otras vías metabólicas. Algunas sustancias químicas que se han utilizado son: 2-cloroetanol, disulfuro de carbono, etileno, ácido giberélico, tiourea y tetracloruro de carbono, entre otros (Herrera y Herrera, 1985).

De estas sustancias, el ácido giberélico es el más utilizado, obteniéndose una buena brotación. Presenta sin embargo el inconveniente de favorecer el desarrollo de brotes muy largos y delgados, los cuales en el momento de la siembra son fácilmente dañados, afectando la brotación y la producción. Recientemente, se han desarrollado nuevos productos para romper el reposo en plantas, como la cianamida hidrogenada, que ha mostrado ser promisorio en el tratamiento de reposo de brotes en especies de árboles frutales (Shulman *et al.*, 1983; Snir, 1983).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la cianamida hidrogenada en relación con otras sustancias utilizadas y de comportamiento conocido, como son el ácido giberélico y el disulfuro de carbono sobre la interrupción del período de reposo en tubérculos de papa del cultivar 'Atzimba'.

MATERIALES Y METODOS

Experimento 1

Este trabajo se realizó en la región de San Juan de Chicué, en las faldas del volcán Irazú, a una altitud cercana a los 3200 msnm. Tubérculos de papa del cultivar 'Atzimba' fueron cosechados en el

mes de octubre de 1987 e inmediatamente trasladados a una bodega en la misma zona, donde fueron clasificados de acuerdo al tamaño. Para este experimento se seleccionó tubérculos comprendidos entre 60 y 90 g de peso, tamaño utilizado comúnmente para semilla. El Cuadro 1 muestra los tratamientos aplicados.

Con excepción de los tratamientos de exposición gaseosa y de aspersión, en todos los demás, los tubérculos fueron sumergidos en una solución acuosa del producto. En el tratamiento con disulfuro de carbono (CS_2) los tubérculos se suspendieron en un saco de tela, dentro de un recipiente metálico de 200 L de capacidad, el cual fue sellado herméticamente después de colocar la sustancia en su interior. Para realizar los tratamientos con cianamida hidrogenada se utilizó el producto comercial Dormex en una formulación al 50%; las dosis se calcularon con base en la concentración de este producto.

Una vez aplicados los tratamientos, los tubérculos fueron almacenados en cajas germinadoras, las cuales favorecen el secamiento y una buena ventilación e iluminación de los tubérculos para lograr una brotación fuerte y uniforme. Semanalmente se evaluó el número de tubérculos brotados así como el número de yemas brotadas y no brotadas por tubérculo, el tamaño de los brotes, y el porcentaje de tubérculos que presentaron pudrición. Después de tres semanas los tubérculos fueron sembrados en un arreglo de bloques al azar. Cada tratamiento constó de 30 tubérculos con cinco repeticiones. Durante el crecimiento y desarrollo de las plantas se realizaron las labores de fertilización, combate de enfermedades y malezas según las prácticas habituales en la zona. Cuarenta y cinco días después de la siembra se realizó la aporca con el fin de evitar la exposición de los tubérculos al ambiente y al ataque de la polilla de la papa (*Scrobipalopsis solanivora*) y favorecer una buena tuberización.

Durante el ciclo de cultivo se evaluó la emergencia de las plantas. Seis meses después de la siembra se defolió las plantas manualmente y seis

Cuadro 1. Tratamientos realizados para interrumpir el reposo en tubérculos de papa.

Acido giberélico	0-5-10 mg/L	inmersión	0, 20 min.
Progibb	3 mg/L	inmersión	0, 20 min.
Disulfuro de carbono	0-20 ml/m ³	exposición gaseosa	3 días
Cianamida hidrogenada 50% i.a.	0-1,5-3%	inmersión	0, 5, 10, 15 min.
Cianamida hidrogenada 50% i.a.	0-1,5-3%	aspersión	

semanas más tarde se cosecharon los tubérculos, evaluándose la producción. Esta se separó de acuerdo al tamaño de los tubérculos: menores de 30 mm (arreflís), de 30 a 40 mm (tercera), de 41 a 55 mm (segunda) y superior a 56 mm (primera).

Experimento 2

Este experimento se realizó en el laboratorio de semillas del Centro para Investigaciones en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica (CIGRAS).

Los tubérculos fueron cosechados en el mes de setiembre, en la misma zona que el experimento 1, dos semanas después de haber sido defoliadas las plantas, aproximadamente, a cuatro meses de haber sido sembrados. Se escogieron tubérculos entre 60 y 90 g de peso. Una vez en el laboratorio fueron transferidos inmediatamente a una cámara fría (5°C) y en oscuridad. Se colocaron en bandejas y se dejaron secar por cinco días antes de realizar los tratamientos que fueron los siguientes:

- ácido giberélico (5 mg/L);
- cianamida hidrogenada (formulación al 50% i.a.) en concentraciones de 0,1; 0,5 y 1% de producto comercial;
- ácido giberélico (5 mg/L) en combinación con cianamida hidrogenada (0,1; 0,5 y 1%) y
- ácido giberélico (5mg/L), con cianamida hidrogenada (0,1; 0,5 y 1%) aplicada siete días después.

Todos los tratamientos se realizaron en la cámara fría, por inmersión. El tiempo utilizado fue de 10 minutos. Se dejaron secar nuevamente los tubérculos, en esta ocasión por cuatro días en oscuridad, después de los cuales se colocaron en una incubadora a una temperatura de 15°C para evaluar su brotación. Cada tratamiento constó de 10 tubérculos con cuatro repeticiones. Se evaluó semanalmente el peso por tubérculo, el número de papas brotadas, el número de brotes por tubérculo así como el efecto del tratamiento sobre el tubérculo que se denominará en este trabajo como daño fisiológico.

RESULTADOS

Experimento 1

Efecto en la brotación

El análisis de la brotación de los tubérculos se observa en la Figura 1. Aunque estos recuentos se realizaron semanalmente hasta el momento de la siembra, se decidió graficar únicamente lo ocurrido 7 y 21 días después, con el fin de facilitar la

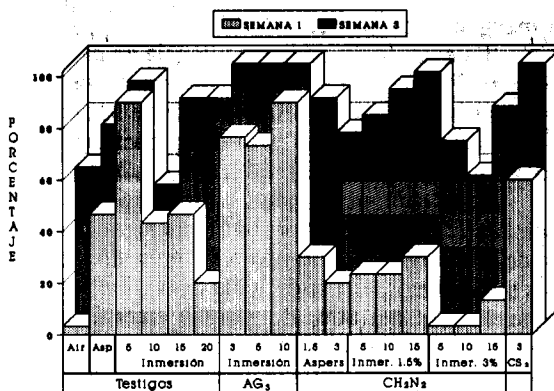


Fig. 1. Efecto de diferentes tratamientos en tubérculos de papa sobre brotación. En los tratamientos por inmersión los números indican el tiempo de aplicación de la sustancia. En los tratamientos por aspersión los números indican el porcentaje de sustancia aplicado en la solución. Air=testigo al aire; Asp=aplicación por aspersión; Inmer=aplicación por inmersión; Ag₃=ácido giberélico; CH₂N₂=cianamida hidrogenada; CS₂=disulfuro de carbono.

caracterización de las tendencias. Se observó un alto porcentaje de brotación en los tratamientos con ácido giberélico, siendo la concentración de 10 mg/L la que dio mejores resultados (90%).

En los tratamientos testigo la inmersión por cinco minutos promovió una alta brotación de los tubérculos (95%). Tiempos de inmersión mayores o el uso de aspersión dieron menos del 50% de tubérculos brotados y menos de 35% en el caso de la inmersión por 20 minutos. El uso de disulfuro de carbono permitió obtener un 60% de brotación inicial. Los tratamientos con cianamida hidrogenada tanto en aspersión como en inmersión tuvieron un marcado efecto inhibitorio sobre el número de brotes. En general, concentraciones de 3% fueron depresivas del proceso de brotación, mientras que dosis de 1,5% mostraron un efecto inhibitorio menos marcado, obteniéndose de 25 a 35% de tubérculos brotados.

Después de tres semanas se observó, sin embargo, una brotación superior al 70% en todos los tratamientos con excepción de los testigos al aire (60%) e inmersión en agua por 15 minutos (50%) y de los tratamientos con cianamida hidrogenada al 3% por 5 y 10 minutos de inmersión. En el caso de los tratamientos con ácido giberélico se alcanzó el 100%. Aunque no se consigna en la Figura 1, el porcentaje de tubérculos brotados al cabo de cuatro semanas superó el 80% en todos los tratamientos, excepto en el testigo al aire.

Emergencia en el campo

La evaluación de la emergencia en el campo (Figura 2) muestra que con excepción de los tratamientos con ácido giberélico, en donde se obtuvieron valores cercanos al 40% de emergencia, en todos los demás este porcentaje no superó el 20%.

Este comportamiento cambió en la quinta semana, en donde se obtuvo una tendencia al aumento de la emergencia, aunque en forma errática según los tratamientos. El uso de ácido giberélico permitió obtener más del 60% de plantas emergidas con concentraciones de 5 y 10 mg/L. Valores intermedios (20 a 40%) se obtuvieron en la mayoría de los casos. Porcentajes menores del 20% se observaron con los siguientes tratamientos: testigo al aire, testigo en inmersión por 5, 10 y 20 minutos, cianamida en aspersión al 3%, cianamida hidrogenada en inmersión en concentración de 1,5 y 3% por 10 minutos.

Pudrición de los tubérculos

Durante el proceso de brotación se observó en ciertos tratamientos una tendencia de los tubérculos a mostrar una disminución del volumen inicial caracterizado por una alteración de la superficie del tubérculo, inicialmente lisa, la cual empezó a mostrar invaginaciones y una corrugación cada vez mayor. Este fenómeno se observó principalmente en los tratamientos realizados con cianamida hidrogenada, fue más marcado a concentraciones de 3%

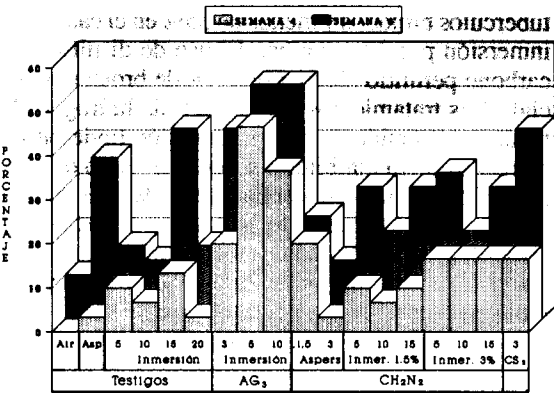


Fig. 2. Efecto de diferentes tratamientos en tubérculos de papa sobre la emergencia de los brotes. En los tratamientos por inmersión los números indican el tiempo de aplicación de la sustancia. En los tratamientos por aspersión los números indican el porcentaje de sustancia aplicado en la solución. Air=testigo al aire; Asp=aplicación por aspersión; Inmer=aplicación por inmersión; AG₃=ácido giberélico; CH₂N₂=cianamida hidrogenada; CS₂=disulfuro de carbono.

y se tradujo en una mayor pudrición de los tubérculos. La presencia de este daño fue prácticamente inexistente en los tratamientos testigo, con ácido giberélico y con disulfuro de carbono.

Producción

El efecto de los tratamientos sobre la producción total se puede observar en la Figura 3. No se presentan los resultados de acuerdo a las categorías de tamaño sino el total, ya que se detectó una tendencia muy similar en todos los casos.

En este experimento se encontró una superioridad manifiesta de los testigos sobre todos los demás tratamientos. Los tratamientos con los que se obtuvo las mayores producciones fueron: los testigos de 5, 10, 15 y 20 minutos de inmersión en agua, así como el testigo al aire. Por otra parte fueron significativamente menores los tratamientos con: cianamida hidrogenada en inmersión al 3% por 5, 10 y 15 minutos, cianamida hidrogenada al 1,5% en aspersión y en inmersión por 10 minutos. Los demás tratamientos ocuparon lugares intermedios y no mostraron diferencias significativas con ninguno de los otros dos grupos.

Experimento 2

Los resultados obtenidos al utilizar cianamida hidrogenada al 0,5% mostraron un comportamiento

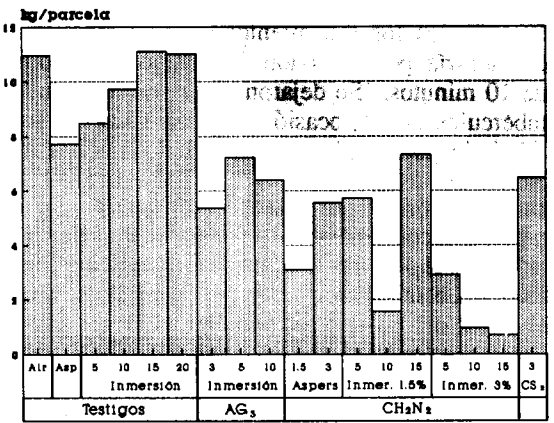


Fig. 3. Efecto de diferentes tratamientos en tubérculos de papa sobre la producción de tubérculos. En los tratamientos por inmersión los números indican el tiempo de aplicación de la sustancia. En los tratamientos por aspersión los números indican el porcentaje de sustancia aplicado en la solución. Air=testigo al aire; Asp=aplicación por aspersión; Inmer=aplicación por inmersión; AG₃=ácido giberélico; CH₂N₂=cianamida hidrogenada; CS₂=disulfuro de carbono.

estadísticamente similar al tratamiento con 0,1% de cianamida, por lo tanto, con el fin de lograr una mejor claridad en la exposición de los resultados, la concentración mayor no fue representada en las figuras, ni su efecto discutido.

Efecto en la brotación

Los resultados muestran que hubo diferencias significativas en el número de brotes por tubérculo únicamente durante las dos primeras semanas de evaluación (Figura 4). Al cabo de la primera semana, la mayor brotación se obtuvo con los tratamientos de ácido giberélico solo o en combinación con cianamida hidrogenada al 0,1%. No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de cianamida hidrogenada al 1%, con o sin ácido giberélico, aunque sí con el resto de los tratamientos. En la segunda semana se obtuvieron valores mayores para todos los tratamientos y, en este caso los tratamientos con una brotación significativamente menor fueron el testigo, el de cianamida hidrogenada al 1% en combinación con ácido giberélico y el de cianamida hidrogenada al 0,1%.

Al analizar los resultados de las semanas subsiguientes no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, aunque de acuerdo a la Figura 4 parece haber alguna tendencia para que el testigo y el tratamiento de ácido giberélico más cianamida hidrogenada al 1% tengan una brotación más lenta que los otros. El tratamiento de cianamida hidrogenada al 0,1% aunque inicia la brotación más lentamente, al cabo de la cuarta semana no ofrece diferencias con respecto a los demás tratamientos.

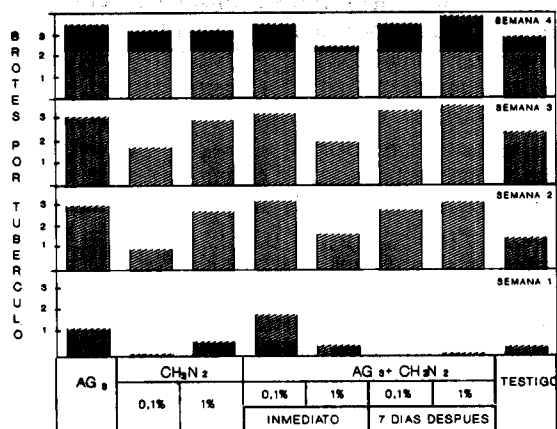


Fig. 4. Efecto de diferentes tratamientos en tubérculos de papa incubados a 15°C sobre la brotación. Ag=ácido giberélico; CH_2N_2 =cianamida hidrogenada.

Efecto de daño al tubérculo

Después de efectuados los tratamientos se detectó un daño en los tubérculos cuyas características parecen indicar una intensa actividad metabólica que degrada rápidamente las sustancias de reserva, produciendo la corrugación de la cáscara y la pérdida de turgencia en el tubérculo. Se determinó que este daño aumentó rápidamente en algunos tratamientos (Figura 5), pero se estabilizó después de la cuarta semana. El análisis de varianza mostró resultados sumamente consistentes, ya que después de la primera semana, en la cual no se encontraron diferencias significativas, en las subsiguientes fue muy marcado que todos los tratamientos con cianamida hidrogenada en una concentración de 1% tuvieron un porcentaje de daño significativamente mayor que el testigo, los tratamientos con cianamida hidrogenada al 0,1% y los tratamientos con ácido giberélico que, además, presentaron el menor porcentaje de daño.

Efecto en el peso de los tubérculos

Al evaluar el porcentaje de pérdida de peso en los tubérculos con respecto al peso inicial de los mismos, se encontró que los resultados fueron también muy consistentes (Figura 6). A partir de la tercera semana los tratamientos de ácido giberélico más cianamida hidrogenada al 0,1% y al 1%, aplicados siete días después del primero y el de cianamida hidrogenada al 1% fueron los más afectados por la pérdida de peso. Aunque no fue significativamente diferente a los demás, el tratamiento de ácido giberélico más cianamida hidrogenada al

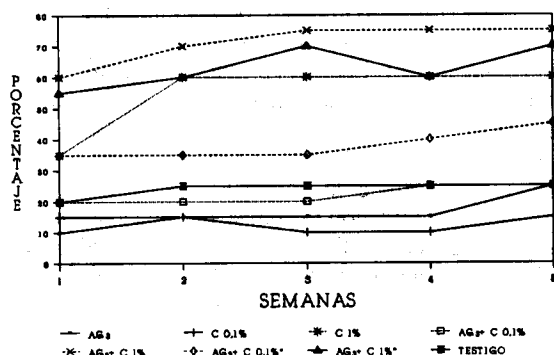


Fig. 5. Efecto de diferentes tratamientos sobre el desarrollo de daños fisiológicos en tubérculos de papa incubados a 15°C. Ag=ácido giberélico; C=cianamida hidrogenada; * tratamiento de cianamida hidrogenada aplicado siete días después de la aplicación de AG_3 .

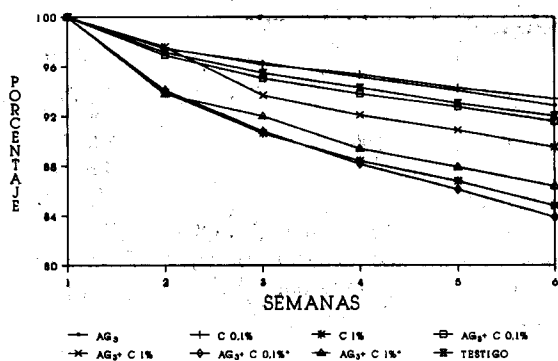


Fig. 6. Efecto de diferentes tratamientos sobre la pérdida de peso fresco de tubérculos de papa incubados a 15°C. AG₃=ácido giberélico; C=cianamida hidrogenada; * tratamiento de cianamida hidrogenada aplicado siete días después de la aplicación de AG₃.

1%, parece mantener una tendencia a perder mayor peso que los demás.

DISCUSION

Brotación de los tubérculos

El rápido estímulo del ácido giberélico sobre la brotación, concuerda con resultados anteriores (Chinchilla, 1975; Herrera y Herrera, 1985) y se explica por su acción sobre la síntesis de la α -amilasa (Goodwin y Mercer, 1984; Cardwell, 1984). La literatura (Herrera y Herrera, 1985) y los resultados de este experimento comprueban la tendencia similar de acción del disulfuro de carbono y del ácido giberélico.

Es conocido el efecto de los inhibidores de la respiración, como la cianamida, sobre la germinación y brotación en muchas especies vegetales (Côme, 1987; Shulman *et al.*, 1983). Se ha considerado que el estado de reposo en tubérculos y semillas es causado por una insuficiencia respiratoria, que impide la activación del ciclo de las pentosas fosfato, con lo cual se elimina el estado de reposo (Côme, 1987; Bewley y Black, 1982). La cianamida actúa inhibiendo la disponibilidad de oxígeno necesario para la realización de la respiración mitocondrial corriente, la cual es sensible al cianuro, y por lo tanto favorece la activación de una vía alterna, resistente al cianuro y a la cianamida (Solomos, 1977; Bewley y Black, 1982). De esta manera, se inhibe la acción de la catalasa y se produce la acumulación de peróxido de hidrógeno y de glutación en la célula (Goodwin y Mercer, 1984),

los cuales son factores reguladores del metabolismo del reposo (Amberger, 1986). Este aumento en ambos compuestos tiene como efecto la activación de los procesos germinativos y la salida del estado de reposo de los tubérculos.

El menor porcentaje de brotación inicial mostrado en el experimento 1 en todos los tratamientos con cianamida en comparación con los demás y con excepción del testigo al aire, fue probablemente debido a que las concentraciones utilizadas del producto fueron muy altas, teniendo un marcado efecto inhibitorio (Bewley y Black, 1982). Esto se notó particularmente con dosis de 3%, ya que el tubérculo necesitó un mayor tiempo para la degradación metabólica del producto.

Los resultados del experimento 2 muestran que, aún utilizando concentraciones más bajas, se observa la misma tendencia del experimento anterior. Estos datos confirman las observaciones de Côme (1987) quien notó que si bien los inhibidores de la respiración activan los procesos inductores de la germinación, eran inhibidores del crecimiento.

Amberger (1986) mostró que el efecto de la cianamida sobre la catalasa es reversible. En los experimentos realizados, fue posible entonces comprobar, con base en los tubérculos brotados (primera y tercera lecturas) que el efecto inhibitorio de la cianamida desaparece prácticamente al cabo de tres semanas. Estos resultados concuerdan con los informes sobre la rápida metabolización y degradación de la cianamida dentro de la planta, los cuales indican que se transforma en compuestos tales como proteínas y aminoácidos (Amberger, 1986; Bewley y Black, 1982).

De los tratamientos realizados en el experimento 2, la mejor respuesta inicial fue obtenida al combinar 5 mg/L de ácido giberélico y cianamida hidrogenada al 0,1%. Es posible que el primer compuesto haya compensado el efecto inhibitorio del segundo sobre el crecimiento, permitiendo así el desarrollo de los brotes. Combinaciones de gibberelinas con concentraciones altas de cianamida tuvieron un efecto inhibitorio muy marcado. Es interesante hacer notar que la aplicación de cianamida en forma diferida (aplicación siete días después) a papas tratadas previamente con ácido giberélico, retardó la brotación de las yemas, lo cual hace suponer que la cianamida inhibió el crecimiento inducido con anterioridad por las gibberelinas, el cual depende del proceso respiratorio corriente.

Con excepción del testigo absoluto (papa expuesta únicamente al aire) todos los tratamientos

testigo tanto en inmersión como en aspersión mostraron en el primer experimento realizado una buena respuesta inicial. En algunos casos (inmersión durante cinco minutos) se obtuvo hasta 80 % de tubérculos brotados. Los resultados son indicadores de que los tubérculos utilizados no presentaron un alto grado de reposo. Es conocido el efecto de la aplicación de únicamente agua para estimular la salida de reposo de los tubérculos (Montaldo, 1984; Moorby y Milthorpe, 1975). Pero en la brotación obtenida con el testigo absoluto después de tres semanas se evidencia un bajo grado de reposo. Esta tendencia se observa igualmente en los resultados del experimento 2, lo cual indicaría una relativa precocidad en la brotación, inusual en el cultivar 'Atzimba', considerada como semi-tardía (Montaldo, 1984).

Efecto de los tratamientos sobre el metabolismo del tubérculo

El análisis del peso de los tubérculos muestra que tanto la aplicación de ácido giberélico como cianamida en bajas concentraciones mostró una tendencia similar al testigo en cuanto a pérdida de peso y por lo tanto probablemente corresponda al desarrollo normal de la actividad metabólica del tubérculo durante el proceso de brotación (Moorby y Milthorpe, 1975). Sin embargo, el uso de dosis altas de cianamida solas o combinadas con ácido giberélico muestran una mayor pérdida de peso, la cual aumenta con el tiempo.

Se ha observado que la aplicación de cianamida aumenta la respiración de los tejidos (Solomos, 1977). Este aumento proviene del sistema alterno de respiración, el cual como se dijo anteriormente, es resistente al cianuro (Solomos, 1977). Esta vía es poco eficiente, y requiere la oxidación de gran cantidad de reservas para la producción de energía disponible para la planta en forma de ATP (Goodwin y Mercer, 1984). Dosis altas de cianamida aumentan la pérdida de peso del tubérculo al ejercer un efecto inhibitorio muy fuerte sobre los mecanismos normales de respiración, favoreciendo así la vía alterna con el consiguiente desperdicio de energía, la cual no es utilizada por el tubérculo y es liberada al ambiente en forma de calor (Goodwin y Mercer, 1984). Este último factor explica igualmente el alto porcentaje de pudrición de los tubérculos tratados con cianamida hidrogenada en el primer experimento, en donde la alta humedad relativa, asociada a una elevada respiración del tubérculo, pudieron haber favorecido un mayor desarrollo de patógenos dentro y fuera del mismo, lo

cual fue prácticamente inexistente en todos los demás tratamientos.

La aplicación conjunta de ácido giberélico y de cianamida hidrogenada promovió en todos los casos una pérdida mayor del peso del tubérculo, evidencia de una mayor actividad metabólica, lo cual sugiere que ambos compuestos mostraron un efecto aditivo sobre este aspecto al combinarse. Esto es probable ya que las giberelinas actúan estimulando principalmente el crecimiento de yemas, mientras que la cianamida promueve la ruptura del reposo, con lo cual aumentan los procesos respiratorios (Goodwin y Mercer, 1984; Solomos, 1977).

Efecto sobre la emergencia

La mayor emergencia inicial fue observada en papas tratadas con ácido giberélico, que se explica por el efecto sobre la elongación celular de este regulador (Goodwin y Mercer, 1984; Cardwell, 1984). En los demás tratamientos se evidencia un crecimiento más lento. Sin embargo no existe un comportamiento homogéneo según el compuesto utilizado, lo cual dificulta la interpretación. Es muy probable que los factores climáticos tengan un efecto marcado sobre la emergencia de los brotes (Moorby y Milthorpe, 1975).

Efecto sobre la producción

Los datos de producción obtenidos indican que fue con los tratamientos testigo que se obtuvo el mayor rendimiento por parcela. Se reafirma así la probabilidad de que los tubérculos estaban aptos para brotar sin necesidad de un tratamiento adicional. Los rendimientos obtenidos con la aplicación de ácido giberélico parecen concordar con la posibilidad anterior. Aunque se ha señalado que el ácido giberélico, en concentraciones de 5 mg/L, estimula la producción (Rojas y Ramírez, 1987), su eficiencia es mayor en tubérculos en reposo (Stallknecht, 1983).

En comparación con los testigos, el empleo de cianamida afectó seriamente la producción, en particular los niveles de 3%. Las producciones obtenidas con niveles de 1,5% son comparables a las observadas con el uso de ácido giberélico.

Las condiciones ambientales desfavorables (viento fuerte, precipitación reducida) pudieron afectar los rendimientos, en especial los tratamientos con cianamida, ya que por su mayor actividad metabólica inicial (Amberger, 1986), el tubérculo madre dispuso de reservas menores en comparación con los tubérculos tratados únicamente con agua.

Debido a estas condiciones ambientales adversas, el crecimiento inicial más lento de los tubérculos testigo con respecto a los tubérculos tratados permitió a los primeros resistir mejor durante este período. En el caso de la aplicación de ácido giberélico, la mayor elongación de los brotes los hizo más frágiles y vulnerables al viento y a las labores culturales. Stallknecht (1983) considera igualmente que los resultados obtenidos con esta sustancia no son consistentes y que son extremadamente variables según el cultivar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos sugieren que las dosis de producto comercial con cianamida inicialmente empleadas (1,5% y 3%) fueron altamente inhibitorias al tubérculo de papa y posiblemente tóxicas. El uso de niveles bajos (0,1 y 0,5%) confirmaron esta observación. La combinación de ácido giberélico (5 mg/L) y de cianamida hidrogenada al 0,1 % mostró un buen comportamiento del tubérculo y puede considerarse como promisorio. Es posible, sin embargo, considerar que el uso de niveles aún más bajos de cianamida podrían tener un mejor efecto en la brotación.

El efecto crítico de los tratamientos ocurre durante la primera semana, por lo tanto los procesos de respiración y pérdida de peso deberán ser evaluados con mayor precisión durante este período.

La respuesta en brotación y crecimiento inicial de los tubérculos sugiere que en el momento de cosecharlos éstos ya habían prácticamente superado el reposo y por lo tanto es posible sembrarlos después de una simple inmersión en agua. Sin embargo, es necesario evaluar si este efecto es propio de la papa o si es debido a que el agricultor deja por demasiado tiempo los tubérculos en el suelo, permitiéndoles completar en forma natural su período de reposo.

RESUMEN

Tubérculos de papa del cultivar 'Atzimba' fueron sometidos a tratamientos de aspersión e inmersión por períodos de 5, 10 y 15 minutos con cianamida hidrogenada en concentraciones de 0, 1,5 y 3%. Se evaluó la brotación, la emergencia en el campo y la producción. La cianamida tuvo un efecto

sobre la brotación, aunque fue errática en cuanto a la emergencia y producción. Las dosis utilizadas mostraron un fuerte efecto inhibitorio, causando además efectos indeseables en el tubérculo. Un segundo experimento se realizó en el laboratorio, con dosis de 0, 0,1, 0,5 y 1% en inmersión por diez minutos, solos o en combinación con ácido giberélico. Los resultados mostraron una elevada actividad metabólica de los tubérculos tratados con cianamida. Combinaciones de ácido giberélico con dosis bajas de cianamida mostraron el mejor resultado. Los efectos metabólicos de la cianamida sobre el tubérculo son discutidos ampliamente.

LITERATURA CITADA

- AMBERGER, A. 1986. Uptake and metabolism of hydrogen cyanamide in plants. Informe técnico. 8 p.
- BEWLEY, J.A.; BLACK, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds. Berlin, Springer-Verlag. v.2, 375 p.
- BLUMENTHAL-GOLDSCHMIDT, S.; RAPAPORT, L. 1965. Regulation of bud rest in tuber of potato (*S. tuberosum* L.). II. Inhibition of sprouting by inhibitor β complex and reversal by gibberellin A3. Plant & Cell Physiology (EE.UU.) 6:601-608.
- BOOL, L. 1961. The effect of gibberellic acid on the inhibited resting potato. Physiologia Plantarum 14:676-681.
- BURTON, G.W. 1966. The potato. 2 ed. Wageningen, Weenman & Tonen. 382 p.
- CARDWELL, V.B. 1984. Seed germination and crop production. In Physiological basis of crop growth and development. Ed. by M.B. Madison, American Society of Agronomy. p. 53-93.
- COME, A. 1987. Germination et dormance des semences. In Le développement des végétaux. Ed. by H. Guyadier. Paris, Masson. p. 119-132.
- CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. 3 ed. San José, IICA. p. 279-308.
- CHINCHILLA, C.M. 1975. Efecto de algunas sustancias químicas en la interrupción del reposo de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. 'Atzimba'. Tesis Ing. Agr. San José, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 60 p.
- DUTTA, T.R.; KALEY, D.M. 1968. A method for rapid breaking of dormancy in potatoes by purines. Indian Journal of Physiology (India) 11:88-94.
- GOODWIN, P.B.; MERCER, A. 1984. Introduction to plant biochemistry. 2 ed. Oxford, Pergamon Press. 677 p.

- HERRERA, V.; HERRERA, J. 1985. Efecto de tratamientos químicos y períodos de almacenamiento en la interrupción del reposo en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. 'Atzimba'. Agronomía Costarricense 9(2):121-126.
- MADISON, N.; RAPAPPORT, L. 1968. Regulation of bud rest in tubers of potato (*Solanum tuberosum* L.). V. Absciscic acid and inhibitors of nucleic acid and protein synthesis. Plant and Cell Physiology (EE.UU.) 9:147-153.
- MONTALDO, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. IICA, San José. 675 p.
- MOORBY, J.; MILTHORPE, F.L. 1975. Potato. In Crop Physiology. Ed. by L.T. Evans. Londres, Cambridge University Press. p. 225-258.
- ROJAS, M.; RAMIREZ, H. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. México, Limusa. 240 p.
- SHULMAN, Y.; NIR, G.; FANBERSTEIN, L.; LAVEE, S. 1983. The effect of cyanamide on the release from dormancy of grapevine buds. Scientia Horticulturae (EE.UU.) 19:97-104.
- SNIR, I. 1983. Chemical dormancy breaking of red raspberry. Horticultural Science (EE.UU.) 18(5):710-713.
- SOLOMOS, T. 1977. Cyanamide resistant respiration in higher plants. Annual Review Plant Physiology (EE.UU.) 28:279-297.
- STALLKNECHT, G.F. 1983. Application of plant growth regulators to potatoes, production and research. In Plant growth regulating chemicals. Ed by L.G. Nickell. Florida, CRC Press. v. 2, p. 161-176.