

EFFECTO DE LA CIANAMIDA HIDROGENADA Y DEL ACIDO GIBERELICO SOBRE EL REPOSO DE LOS TUBERCULOS, EL DESARROLLO Y LA PRODUCCION DE LA PAPA¹

Jorge Herrera *
Ramiro Alizaga *
Eric Guevara *

ABSTRACT

Effect of hydrogen cyanamide and gibberellic acid on potato tuber dormancy, plant growth and yield. Recently harvested potato tubers of cultivar Atzimba were immersed for 10 minutes in solutions of hydrogen cyanamide (0, 0,1 and 0,5%), and the same solution plus gibberellic acid (5 mg/L). Sprouting, field emergence and yield were evaluated. Good results in the number and size of sprouts were obtained with gibberellic acid treatments. Increasing doses of hydrogen cyanamide reduced the number of sprouts. On the field, plants from tubers treated with gibberellic acid grew faster than their untreated controls; nevertheless, final plant height was the same in all cases. Commercial yield was significantly increased with the use of gibberellic acid in combination with hydrogen cyanamide at 0.5%.

INTRODUCCION

La siembra continua de plantaciones de papa en muchas ocasiones presenta dificultades debido a que los tubérculos de la mayoría de los cultivares tienen un período de reposo después de la cosecha (Burton, 1968; Cásseres, 1980). Esto es particularmente cierto en Costa Rica con el

cultivar Atzimba que presenta un período de reposo diferencial según la edad del mismo a la cosecha, las condiciones de cultivo y en especial, las condiciones de almacenamiento; entre éstas, las más importantes son la luz, la humedad, los daños mecánicos, el ataque de patógenos (como el caso de *Phytophthora infestans*) y la temperatura (Blumenthal-Goldschmidt y Rapapport, 1965; Chinchilla, 1985).

El reposo se caracteriza por ser un período de inactividad del tubérculo, sin división celular, aún cuando las condiciones de luz, temperatura y humedad sean óptimas para el desarrollo de los brotes (Burton, 1968; Dutta y Kaley, 1968; Hutchinson, 1978). Durante este período no juegan un papel importante las giberelinas, ya que se encuentran en bajas concentraciones en los

1/ Recibido para publicación el 14 de agosto de 1990.
* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Los tres autores son beneficiarios del Programa Financiero de Apoyo a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

tubérculos (Blumenthal-Goldschmidt y Rappoport, 1965). Sin embargo, conforme el reposo es superado, la concentración de giberelinas aumenta en forma considerable en las yemas. Asimismo, se nota una disminución en los niveles de ácido abscísico.

Frecuentemente, los agricultores requieren realizar siembras consecutivas de papa, para lo cual necesitan que los tubérculos tengan una brotación homogénea y vigorosa. Esto ha llevado a los investigadores a buscar tratamientos físicos o químicos que interrumpen el reposo y la dominancia apical con el fin de obtener la mayor cantidad posible de tallos por área sembrada (Herrera *et al.*, 1981).

Entre las sustancias más utilizadas para este fin se encuentra el ácido giberélico, el cual ha probado ser efectivo en muchas ocasiones; sin embargo, presenta la dificultad de producir brotes ahilados, quebradizos y débilmente adheridos a la base, no lográndose en la mayoría de las ocasiones, diferencias en producción con respecto al testigo (Guevara y Herrera, 1989; Herrera y Herrera, 1985; Herrera *et al.*, 1981).

Recientemente, se realizó un trabajo de campo utilizando cianamida hidrogenada en el cual los mejores resultados con respecto a brotación, fueron obtenidos por los testigos (Herrera y Guevara, 1989). La segunda parte de la investigación, desarrollada en el laboratorio, mostró que las dosis utilizadas en el experimento previo de campo, fueron sumamente altas. Por lo anterior, se decidió hacer un experimento para evaluar el efecto de la cianamida hidrogenada sobre la brotación durante el almacenamiento y sobre el posterior desarrollo en el campo y la producción, comparando su efecto, o combinándolo, con el de un regulador del crecimiento conocido, como es el ácido giberélico.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó semilla del cultivar Atzimba por ser el más cultivado en el país. Los tubérculos fueron obtenidos a la cosecha de un lote con 6 meses de haber sido plantado, ubicado en San Pablo de Oreamuno, a 3000 msnm. Los tratamientos se realizaron una semana después de la cosecha y la semilla se almacenó en una bodega con condiciones adecuadas de luz difusa y alta humedad para estimular la brotación.

Los tubérculos fueron tratados con dosis de 0, 0,1 y 0,5% de cianamida hidrogenada en agua; además, se usaron estas dosis en combinación con 5 mg/L de ácido giberélico (AG₃). Tanto para el experimento de brotación (en almacenamiento) como para el de campo, se utilizaron unidades experimentales de 40 tubérculos cada una, que se sumergieron en las respectivas soluciones acuosas por un período de 10 min. Seguidamente, los tubérculos se secaron al aire antes de colocarlos dentro de cajas germinadoras en una bodega, con el fin de promover una brotación fuerte y uniforme.

En el almacenamiento, se evaluó semanalmente el número de tubérculos brotados, el número de brotes y la evolución del peso de los tubérculos. En la última evaluación (cuarta semana) se midió la longitud de los brotes, los cuales fueron clasificados en 3 tamaños: menores de 3 mm, entre 3 y 10 mm y mayores de 10 mm. Para el análisis de los datos se utilizó un diseño irrestricto al azar en arreglo factorial con 4 repeticiones.

La parcela se sembró 2 semanas después de aplicados los tratamientos. En el experimento de campo se evaluó la emergencia 4, 5 y 6 semanas después de la siembra; la altura de las plantas a las 8 y 10 semanas; y el número de tallos por planta a las 10 semanas. Finalmente, las parcelas se defoliaron a los 6 meses utilizando el herbicida paraquat y 4 semanas más tarde se realizó la cosecha. En esta última variable los tubérculos fueron clasificados en las siguientes calidades: comercial (mayor de 55 mm de diámetro), segunda (entre 30 y 55 mm de diámetro) y arreflís (menor de 30 mm). Las parcelas constaron de 4 surcos con 10 tubérculos cada uno y fueron ordenadas en un diseño de bloques al azar en un arreglo factorial con 4 repeticiones.

RESULTADOS

Brotación de los tubérculos

En las 4 evaluaciones realizadas sobre el número de tubérculos brotados (Figura 1), se obtuvo un efecto altamente significativo con el empleo del ácido giberélico. También se detectó que en ambas series (con y sin ácido giberélico), las dosis crecientes de cianamida hidrogenada produjeron brotaciones aún menores que las obtenidas por el testigo respectivo. La interacción entre ambas sustancias fue significativa en todas las evaluaciones, excepto en la segunda semana,

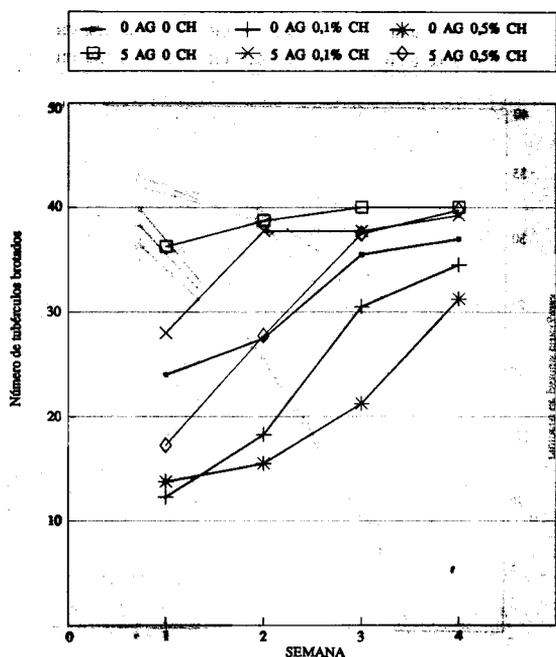


Fig. 1. Efecto de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) y de su combinaci3n con 1cido giber3lico (5 mg/L), sobre el n3mero de tub3rculos brotados.

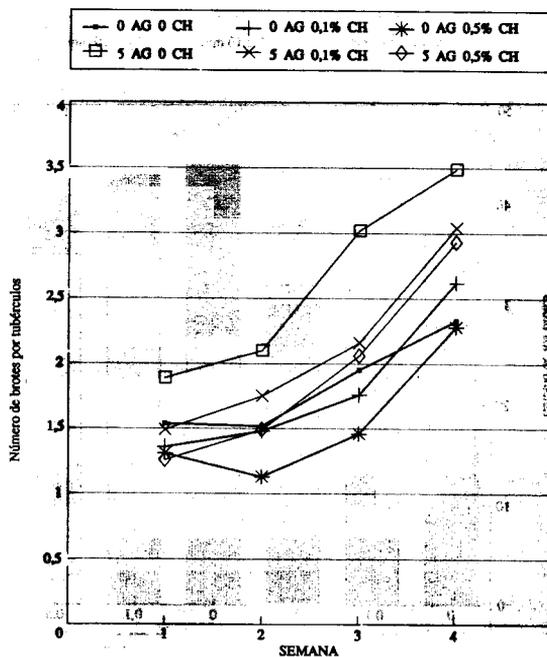


Fig. 2. Efecto de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) y su combinaci3n con 1cido giber3lico (5 mg/L), sobre el n3mero de brotes por tub3rculo.

dando como resultado que combinaciones de 1cido giber3lico con cianamida hidrogenada obtuvieron valores superiores a los obtenidos por la cianamida hidrogenada sola.

El estudio del n3mero de brotes por tub3rculo (Figura 2) mostr3 un comportamiento similar al presentado por el n3mero de tub3rculos brotados, ya que se obtuvo un n3mero significativamente mayor cuando se realizaron tratamientos con 1cido giber3lico, que cuando se utiliz3 cianamida hidrogenada pura. La interacci3n entre ambas sustancias mostr3 igual tendencia, incrementando el n3mero de brotes por tub3rculo.

En la 3ltima evaluaci3n de brotaci3n se midi3 el tama1o de los brotes (Figura 3) y se encontr3 que el tratamiento que produjo m1s brotes largos fue el de 1cido giber3lico solo, seguido por los dem1s tratamientos en que se combin3 con cianamida hidrogenada; estos 2 3ltimos produjeron brotes m1s cortos y mejor adheridos a la base que su respectivo testigo (1cido giber3lico solo). M1s brotes peque1os (<3mm) fueron obtenidos con los tratamientos de 0,1 y 0,5% de cianamida hidrogenada sola, siendo superados 3nicamente por el testigo.

Emergencia de campo

En el experimento de campo, se estudi3 la emergencia de las plantas (Figura 4), en la cual se evidenci3, durante las 3 evaluaciones realizadas, un efecto significativo y favorable de los tratamientos con 1cido giber3lico sobre el testigo absoluto y la cianamida hidrogenada pura. 3nicamente en la primera evaluaci3n se encontr3 un efecto marcado del tratamiento de 1cido giber3lico con 0,5% de cianamida hidrogenada, que indujo un n3mero mayor de plantas emergidas al observado en el testigo respectivo y con la concentraci3n de 0,1% de cianamida hidrogenada.

Los resultados obtenidos en el n3mero de tallos por planta se observan en la Figura 5. El an1lisis de varianza indic3 un aumento significativo en el n3mero de tallos con la aplicaci3n de 1cido giber3lico. No se encontraron diferencias significativas entre las dosis de cianamida hidrogenada o en la interacci3n de ambas sustancias.

El 1cido giber3lico produjo un incremento leve pero significativo en la altura de las plantas (Figura 6) en la primera evaluaci3n (2 meses

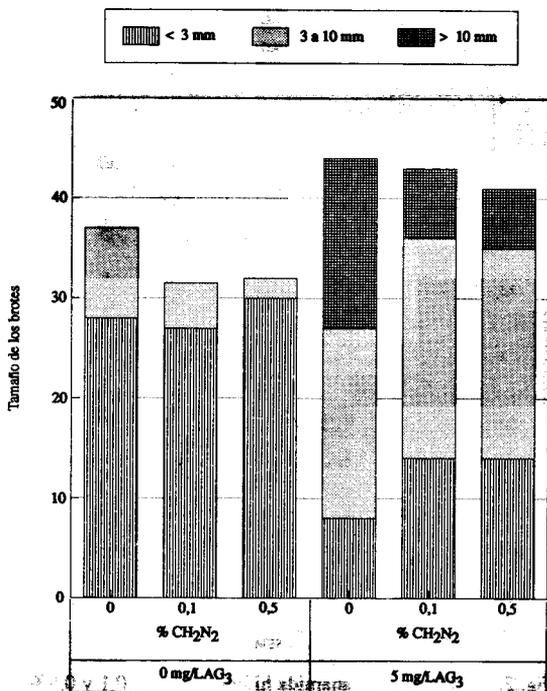


Fig. 3. Efecto de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) y su combinación con ácido giberélico (5 mg/L), sobre el tamaño de los brotes.

después de la siembra); sin embargo, en la segunda evaluación realizada 2 semanas más tarde, no se detectó diferencias entre tratamientos.

Los resultados de la producción de papa comercial y total (Figura 7), en general, fueron similares, y en ambas categorías se obtuvo un efecto significativo y mayor con la dosis de 0,5% de cianamida hidrogenada en combinación con ácido giberélico. Se obtuvo, además, un aumento significativo en la proporción de papa de segunda calidad con el uso de ácido giberélico. También, se encontró que la aplicación de cianamida hidrogenada incrementó ligeramente la proporción de papa de segunda calidad respecto al testigo respectivo.

DISCUSION

Brotación de los tubérculos

Este experimento es la continuación de un trabajo previo (Guevara y Herrera, 1989) en el cual se evaluaron diferentes dosis de cianamida hidrogenada y varios tiempos de exposición. En

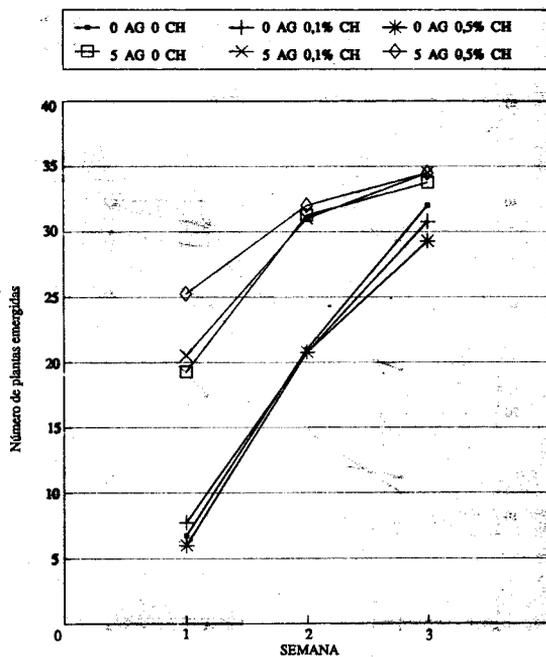


Fig. 4. Efecto de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) y su combinación con ácido giberélico (5 mg/L), sobre el número de plantas emergidas.

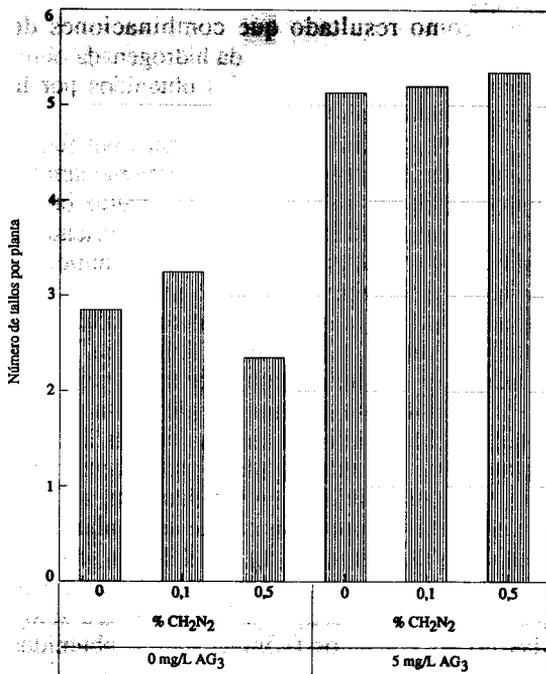


Fig. 5. Efecto de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) y su combinación con ácido giberélico (5 mg/L), sobre el número de tallos por planta.

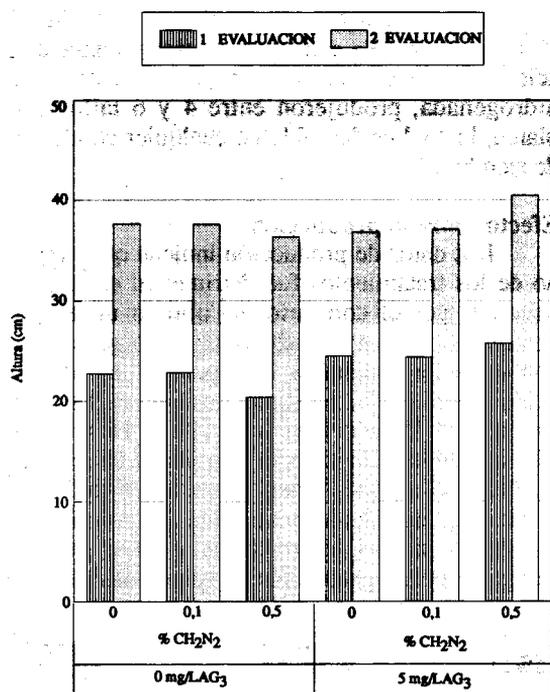


Fig. 6. Efecto de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) y su combinación con ácido giberélico (5 mg/L), sobre la altura de las plantas, evaluada 8 y 10 semanas después de la siembra.

dicho experimento las dosis empleadas resultaron excesivamente altas para producir una brotación adecuada de los tubérculos, por lo que se obtuvo resultados un tanto erráticos en algunas variables, especialmente a nivel de campo. En el presente trabajo se aplicaron dosis inferiores, previamente evaluadas en el laboratorio.

El uso de ácido giberélico ha probado ser beneficioso para estimular la brotación de tubérculos en reposo (Guevara y Herrera, 1989; Goodwin y Mercer, 1984; Herrera y Herrera, 1985), por su efecto en la síntesis de α -amilasa. En los trabajos citados se ha encontrado una brotación significativamente mayor a la de los testigos; sin embargo, se menciona la producción de brotes ahilados, débiles y que se desprenden fácilmente de la base. En este experimento se encontró una respuesta muy similar, tal como lo evidencia la Figura 3, donde los brotes más largos fueron producidos con el uso de ácido giberélico. Un aspecto importante es que el ácido giberélico en combinación con cianamida hidrogenada favoreció una producción de brotes tan alta como la

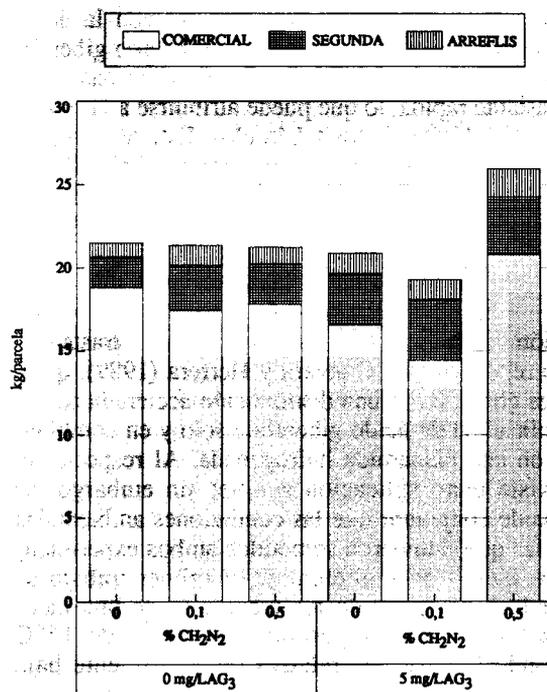


Fig. 7. Efecto de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) y su combinación con ácido giberélico (5 mg/L), sobre la producción en plantas de papa.

obtenida con ácido giberélico puro, pero con un tamaño y constitución del brote más adecuado para su manipulación, ya que fueron más cortos, más fuertes y mejor adheridos a la base. El efecto de la cianamida hidrogenada en este caso podría explicarse con base en su efecto sobre la respiración. Como mencionan Côme (1987) y Shulman *et al.* (1983) se considera que cierta insuficiencia respiratoria es una de las causas que determinan el estado de reposo en semillas y tubérculos, pues impide la activación del ciclo de las pentosas fosfato. En este caso, la cianamida hidrogenada actúa como inhibidor de la respiración mitocondrial que es sensible al cianuro, favoreciendo así la activación de una vía alterna resistente al cianuro (Bewley y Black, 1982).

Otro aspecto importante es que al cabo de 3 a 4 semanas disminuyó el efecto de la cianamida hidrogenada, aunque siempre se manifestó su reducción en el menor número de brotes. Esto coincide con lo observado por Amberger (1986) y por Guevara y Herrera (1989). Al utilizar cianamida, el mayor número de tubérculos brotados y

de brotes por tubérculo se obtuvo con la dosis menor, sola o en combinación con ácido giberélico. La brotación de la papa, en todos los casos fue bastante rápida, lo que puede atribuirse a la madurez fisiológica de los tubérculos. Esto se corrobora al observar que aproximadamente el 25% de los tubérculos no tratados presentaban brotes una semana después de realizados los tratamientos.

Efecto sobre el peso de los tubérculos

No se detectaron diferencias en la disminución del peso de los tubérculos; esto contrasta con lo reportado por Guevara y Herrera (1989), quienes encontraron una disminución acelerada con la aplicación de ácido giberélico solo y en combinación con cianamida hidrogenada. Al respecto no existe una explicación simple; sin embargo, se puede conjeturar que las condiciones ambientales a las que estuvieron sometidos ambos experimentos fueron muy diferentes. El primer trabajo se realizó almacenando los tubérculos en una incubadora a una temperatura constante de 15°C donde la humedad relativa era sumamente baja (alrededor de 30%) y en oscuridad, mientras que este segundo fue realizado bajo condiciones de campo almacenando los tubérculos en condiciones de luz difusa, en una bodega a 3000 msnm, con una temperatura promedio de 15°C y una humedad relativa alta (entre 80 y 90%).

Efecto sobre la emergencia

El ácido giberélico aceleró notablemente la velocidad de emergencia de las plantas en el campo, pues como se observa en la Figura 4, en las primeras 2 evaluaciones se comportó mejor que el testigo y que los tratamientos con cianamida hidrogenada sola. Resultados similares se obtuvieron en la altura de las plantas y el número de tallos por planta. Sin embargo, se debe destacar que las diferencias entre los tratamientos se redujeron progresivamente durante el transcurso del ciclo de vida de la planta. El rápido desarrollo inicial de las plantas tratadas con ácido giberélico puede deberse a una fuerte elongación celular común en plantas tratadas con esta sustancia (Guevara y Herrera, 1989). Además, las condiciones climáticas durante el cultivo fueron particularmente adecuadas, por lo que el desarrollo de las plantas se vio favorecido.

Otro aspecto importante en la producción de papa es el número de tallos producidos por planta, debido a que, fisiológicamente, se considera que

cada tallo constituye una planta individual (Burton, 1968). En este caso los tratamientos con ácido giberélico, solo o mezclado con cianamida hidrogenada, produjeron entre 4 y 6 tallos por planta, lo cual es deseable en cualquier condición de siembra.

Efecto sobre la producción

Los datos de producción indican que ninguno de los tratamientos fue detrimental en la producción; por el contrario, se obtuvo un efecto positivo cuando se combinó el ácido giberélico con 0,5% de cianamida hidrogenada. El uso de ácido giberélico ha resultado positivo en trabajos anteriores (Herrera *et al.*, 1981; Herrera y Herrera, 1985). Un aspecto que puede haber sido beneficioso es que, como se comentó anteriormente, las condiciones climáticas fueron muy favorables para el desarrollo del cultivo; esto se reflejó en la alta proporción de tubérculos de calidad comercial obtenida (Figura 7), con una producción de papa de segunda y arreflís cercana al 15%, únicamente.

RESUMEN

Tubérculos de papa del cultivar Atzimba se trataron con soluciones de cianamida hidrogenada (0, 0,1 y 0,5%) sola o en combinación con ácido giberélico (5 mg/L).

Se evaluó la brotación, la emergencia en el campo y la producción. Se obtuvieron buenos resultados con los tratamientos con ácido giberélico solo y combinado con cianamida hidrogenada. Dosis mayores de cianamida hidrogenada sola produjeron el menor número de brotes.

En el campo, las plantas provenientes de tubérculos tratados con ácido giberélico crecieron más rápido que las de no tratados; sin embargo, la altura final fue la misma en todos los tratamientos. La producción se incrementó significativamente con el uso de ácido giberélico combinado con cianamida hidrogenada al 0,5%.

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. Berlín, Springer Verlag. v. 2, 375 p.

- BLUMENTHAL-GOLDSCHMIDT, S.; RAPAPPORT, L. 1965. Regulation of bud rest in tubers of potato (*S. tuberosum* L.). II. Inhibition of sprouting by inhibitor β -complex and reversal by gibberelin AG₃. *Plant and Cell Physiology* 6:601-608.
- BURTON, G.W. 1968. Work at the Ditton Laboratory on the dormancy and sprouting of potatoes. *American Potato Journal* 45:1-11.
- CÔME, A. 1987. Germination et dormance des semences. *In* Le developpment 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. 1985. Efecto de la temperatura de almacenamiento y de algunas sustancias químicas en la interrupción del reposo en tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atzimba. *Agronomía Costarricense* 9(2):187-191.
- 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.
- GUEVARA, E.; HERRERA, J. 1989. Efecto de la cianamida hidrogenada sobre el reposo de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atzimba. *Agronomía Costarricense* 13(1):83-91.
- GOODWIN, P.B.; MERCER, A. 1984. Introduction to plant biochemistry. 2 ed. Oxford, Pergamon Press. 667 p.
- HERRERA, J.; CHINCHILLA, C.; ESQUIVEL, J. 1981. Efecto de algunas sustancias químicas sobre el período de reposo y el rendimiento en cuatro cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Costarricense* 5(1/2):98-102.
- 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.
- HUTCHINSON, R.W. 1978. The dormancy of seed potatoes. I. The effect of storage temperature. *Potato Research* 21:267-275.
- MOORBY, J.; MILTHORPE, F.L. 1975. Potato. *In* Crop Physiology. Ed. by L.T. Evans. Londres, Cambridge University Press. p. 225-258.
- SHULMAN, Y.; NIR, G.; FANBERSTEIN, L.; LAVEE, S. 1983. The effect of cyanamide on the release from dormancy of grapevine buds. *Scientia Horticulturae* 19:97-104.