

Inducción de la germinación en semillas de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) utilizando tratamientos químicos

Jorge Herrera¹, Ramiro Alizaga, Eric Guevara

Resumen

Se estudió el efecto de la cianamida hidrogenada (CH_2N_2) (0.75-2.5% i.a.), del ethephon (0.6-1.8%) y de su combinación, por diferentes tiempos de inmersión (24-48 hrs), sobre la germinación de semillas de palma aceitera. Concentraciones de CH_2N_2 entre 1,5 y 2% por 24 hr estimularon la germinación, de 15 a 25 días después de iniciados los tratamientos, alcanzando 80% de germinación entre los 40 y 50 días. Las plántulas mostraron un aspecto compacto, con una radícula bien desarrollada. Resultados similares se obtuvieron con el uso de ethephon por tiempos de 48 hr, aunque las plántulas obtenidas presentaron anomalías y un sistema radical poco desarrollado. Combinaciones entre ambas sustancias produjeron resultados comparables o inferiores a los observados con el uso de CH_2N_2 . El H_2SO_4 como tratamiento escarificador inicial, antes de la aplicación de CH_2N_2 o de ethephon, presentó resultados de germinación similares a los obtenidos en ausencia de este ácido. Se discute la acción de los compuestos sobre el metabolismo de la semilla durante el proceso germinativo.

Introducción

Las semillas de la palma aceitera presentan dificultades para su germinación comercial, debido a una fuerte latencia o reposo que se presenta después de su cosecha. En 1936, Beinaert señalaba que esta latencia puede extenderse por varios meses o años, dependiendo de las condiciones ambientales antes y después de la cosecha. Bajo condiciones de bosque, la semilla puede permanecer viable y llegar a germinar aún después de 25 años de permanencia en el suelo (Rees 1963b). Según Ferwerda (1956) se necesitan 6 meses después de la siembra para lograr 30% de germinación y 9 meses para llegar a 50%. Rees (1963a) observó una alta germinación cuando se eliminó la vegetación arbórea, posiblemente debido al efecto estimulador de la alta temperatura sobre la semilla, aunque también la luz pudo tener alguna influencia.

Según Hartley (1993) el período de latencia es afectado por varios factores como la humedad, la luz, la concentración de gases y de otras sustancias, que en ocasiones pueden ser manipulados para alterar este estado. Hussey (1958) descartó la posibilidad de que la latencia en palma de aceite se debiera a limitaciones en el abastecimiento de oxígeno al embrión o a la presencia de algún inhibidor oxidable, ya que el oxígeno estimuló la germinación únicamente después de algún tiempo de almacenamiento a alta temperatura.

¹ Centro para Investigaciones en granos y semillas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Las observaciones anteriores evidencian las dificultades para la obtención de una población uniforme de plántulas en el vivero. Por lo anterior y debido a la importancia del cultivo, se han buscado métodos para acelerar este proceso desde 1922. Una de las revisiones más extensas de métodos para lograr una germinación uniforme en palma aceitera la realizó Galt (1953), quien en esa fecha ya describe el método de calor seco para lograr la germinación acelerada. En 1959, Rees detalla el proceso de calor en seco para interrumpir la latencia en semilla del tipo Deli dura a escala comercial en Malasia, que se ha constituido en un método comercial para la obtención masiva de plantas. Este método consiste en colocar la semilla a temperaturas entre 38 y 40°C por períodos de entre 40 y 60 días, aunque los autores originalmente mencionaron entre 70 y 80 días (Corrado y Wuidart 1990; Kin 1981; Addae-Kagyah 1988).

La posibilidad de utilizar un método rápido que sustituya el calor seco reduciría el alto costo de este tratamiento y el tiempo necesario para estimular la germinación. Los intentos por lograr mejoras en el proceso germinativo de la semilla de palma aceitera utilizando sustancias reguladoras del crecimiento no han dado resultados satisfactorios (Corley 1976; Wan y Hor 1983). Sin embargo, una mejor comprensión del metabolismo germinativo en general y de la acción de las sustancias reguladoras del crecimiento permite contemplar la posibilidad de utilizar tratamientos químicos para estimular la germinación de semillas en reposo (Bewley y Black 1994). El objetivo de este trabajo fue evaluar la acción de diferentes compuestos químicos sobre la germinación en la semilla de palma aceitera recién cosechada.

Materiales y métodos

Todos los experimentos se realizaron con semilla de *Elaeis guineensis* del tipo *tenera*, obtenida por polinización libre entre palmas Deli *dura* y *pisiferas* (AVROS). Para el experimento dos, se utilizó semilla del tipo Deli dura. Toda la semilla fue suministrada por la empresa ASD de Costa Rica. Para extraer las semillas, los frutos se despulparon mecánicamente y los remanentes adheridos al endocarpio se retiraron manualmente. Las semillas se secaron al aire hasta que alcanzaron 15% de humedad en base seca y se almacenaron en bolsas de polietileno de 0,17 mm de grosor. Posteriormente se trasladaron al Centro para Investigaciones en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica, donde se realizaron los experimentos.

Los productos evaluados fueron la cianamida hidrogenada (CH_2N_2 , formulación comercial al 49% i.a.) y el ethephon (formulación comercial al 39,56% i.a.). Las concentraciones mencionadas en todos los experimentos se refieren al producto comercial.

Experimento 1

Este fue un ensayo preliminar, en el cual cada unidad experimental consistió de 100 semillas. Los tratamientos se hicieron por inmersión en aproximadamente 400 ml de solución. Como testigo se incluyó el tratamiento térmico de 40 días a 40°C recomendado comercialmente. Con el fin de facilitar el análisis de los resultados, los tratamientos se dividieron en dos grupos; en el primero el producto base fue la cianamida hidrogenada y en el segundo fue el ethephon. Previo a la aplicación de ambos productos, la mitad de la semilla se sumergió en ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado por 10 minutos. Posteriormente se realizó la inmersión en CH_2N_2 en dosis de 0.75 y

1.5% durante 24 y 48 horas. Se procedió de igual forma para los tratamientos con ethephon, en concentraciones de 0.6 y 1.2%.

Seguidamente, durante siete días las semillas se sometieron a períodos de inmersión de 16 horas en agua, seguidos por períodos de 8 horas durante los cuales se mantuvieron al aire, pero conservando la humedad superficial, hasta que alcanzaron 18% de humedad en base seca. Finalmente, para su germinación, se colocaron en una cámara a 30°C y 100% de humedad relativa en envases plásticos cerrados. Las evaluaciones se realizaron semanalmente a partir de 27 días de realizados los tratamientos. Este mismo procedimiento se siguió en los restantes experimentos.

Experimento 2

Se evaluó el efecto de la inmersión de la semilla durante 24 horas tanto en CH_2N_2 (0,5; 0,75 y 1,5%) como en ethephon (0,6, 1,2 y 1,8%). También se evaluó la combinación de ambas sustancias en las dosis mencionadas en dos formas de aplicación:

- Inmersión de la semilla en una combinación de CH_2N_2 y ethephon por 24 horas, seguido por 24 horas en ethephon solo.
- La inmersión inicial en ethephon, seguida por la inmersión en la combinación de ethephon y CH_2N_2 .

Así mismo, se probó la inmersión en H_2SO_4 por 10 minutos, el tratamiento térmico comercial y un testigo que se sumergió por 24 horas en agua.

En este caso, así como en los experimentos posteriores, cada unidad experimental consistió de 50 semillas con cuatro repeticiones. El análisis de los resultados se realizó siguiendo un diseño irrestricto al azar.

Experimento 3

Este experimento se dividió en tres grupos de tratamientos, con el fin de facilitar su análisis.

- En el primero se evaluó el efecto de la inmersión en CH_2N_2 en dosis de 1,5, 2 y 2,5% por 24 y 48 horas.
- En el segundo grupo se evaluó la combinación de CH_2N_2 al 1,5% con ethephon en concentraciones de 0,6, 1,2 y 1,8% en las dos formas de aplicación utilizadas en el experimento dos.
- En el tercer grupo de tratamientos se evaluó el efecto de la combinación de CH_2N_2 en dosis de 2 y 2,5% y ethephon al 0,6% aplicado de igual manera que en el grupo anterior de tratamientos, en el que se utilizó la mezcla de ambas sustancias.

Experimento 4

Se evaluó el efecto de la inmersión en CH_2N_2 en dosis de 0 y 2% seguido por 0, 1, 2 y 3 semanas a 40°C. También se evaluó la inmersión en la combinación de CH_2N_2 (2%) y ethephon (0,6, 1,2 y 1,8%) por 24 horas, seguido de la inmersión en las mismas dosis de ethephon por 24 horas

adicionales. Igualmente se evaluó el efecto de la exposición al tratamiento térmico por 0, 1, 2 y 3 semanas. En este experimento, al final del período de evaluación, se determinó la longitud de la plúmula y la radícula. Para este efecto se tomaron al azar 10 plántulas por repetición.

Resultados

Experimento 1

Efecto de la cianamida hidrogenada

El tratamiento de inmersión inicial en H_2SO_4 (AS) seguido por la inmersión en CH_2N_2 (CH) al 0,75% por 24 horas estimuló considerablemente la germinación (70% después de 25 días de iniciada la prueba). Estos valores aumentaron lentamente hasta alcanzar 88% al final del período de evaluación (Fig. 1). Niveles de CH_2N_2 de 1,5% durante 24 horas y sin tratamiento previo con H_2SO_4 también estimularon la germinación inicial, aunque ésta empezó más tardíamente (a los 25 días) y el total de semillas germinadas fue muy inferior al observado con el tratamiento AS + CH 0.75% antes mencionado. En los demás tratamientos la germinación fue más lenta, ya que se detectó sólo a partir del día 34 y ninguno superó el 50% de germinación, con excepción del tratamiento térmico utilizado comercialmente, con el cual se alcanzó 86%. Sin embargo en este último la germinación se inició 61 días después de empezado el tratamiento, obteniéndose una alta germinación a los 79 días. El uso de CH_2N_2 en dosis de 0,75% alcanzó al final del experimento cerca de 40% de plántulas, pero la germinación se inició únicamente después de 70 días de realizados los tratamientos. El empleo de CH_2N_2 por períodos superiores a las 24 horas produjo valores de germinación inferiores al 20%.

Efecto del ethephon

El uso de ethephon en concentraciones de 0,6% y de 1,2% por 48 horas combinado con la inmersión previa en H_2SO_4 produjo una germinación inicial de 88% a los 25 días de realizados los tratamientos en el primer caso, y de 70% al cabo de 43 días en el segundo (Fig. 2). Sin embargo, en ambos tratamientos no se observó ninguna variación posterior en el porcentaje de semillas germinadas.

Los demás tratamientos tuvieron una germinación más tardía y alcanzaron valores inferiores a los ya señalados, exceptuando el tratamiento con H_2SO_4 seguido por la inmersión en ethephon al 0.6% por 24 horas, con el cual se alcanzó 77% de germinación, pero al cabo de 97 días.

Los resultados obtenidos en este experimento sugirieron un efecto positivo tanto de la cianamida hidrogenada como del ethephon, por lo que se buscó determinar en los experimentos posteriores la posibilidad de su utilización en ausencia del tratamiento previo con H_2SO_4 .

Experimento 2

Una inmersión inicial de las semillas en cianamida hidrogenada al 1.5% por 24 hrs seguida por una inmersión en ethephon al 0.6% o al 1.8% estimuló la germinación inicial, la cual superó el 30% después de los primeros 30 días y alcanzó un valor final de 53% con la primera concentración de ethephon y de 58% con la segunda (Fig. 3.). Estos valores fueron notablemente inferiores a los obtenidos con el tratamiento térmico, el cual llegó a 83% de germinación final, aunque éste inició su germinación 65 días después de iniciada la prueba. El tratamiento de

CH_2N_2 en dosis de 1,5% por 24 horas alcanzó una germinación de 46%. Los demás tratamientos tuvieron valores inferiores a 40% de germinación. El testigo obtuvo únicamente 7,5% de semillas germinadas.

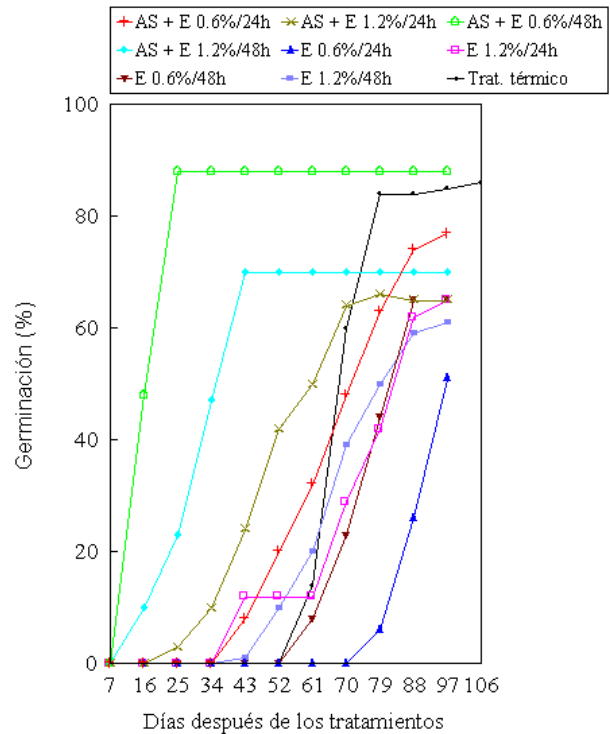
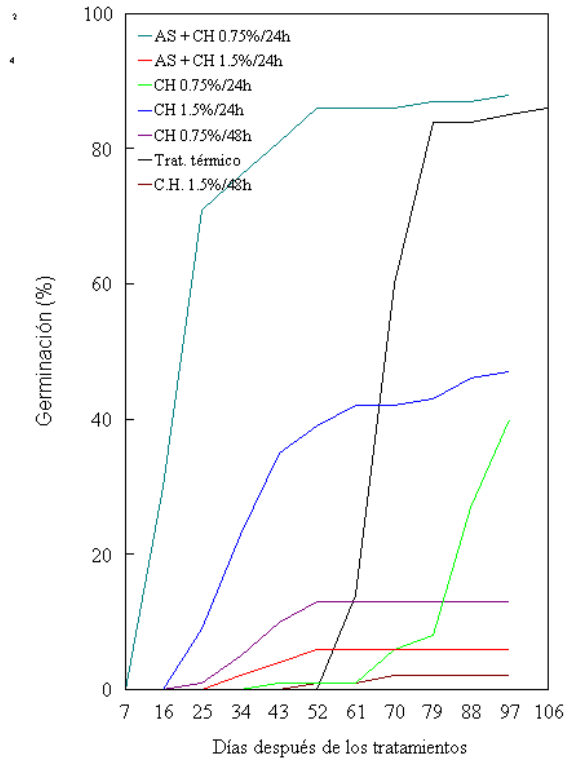


Fig 1. Efecto de diferentes concentraciones de CH_2N_2 (CH) por períodos de 24 a 48 h y de un tratamiento inicial (10 min) de H_2SO_4 (AS) sobre la interrupción de la latencia en semillas de palma aceitera (Experimento 1)

Fig. 2. Efecto de diferentes concentraciones de ethephon (E) por períodos de 24 a 48 h y de un tratamiento inicial (10 min) de H_2SO_4 (AS) sobre la interrupción de la latencia en semillas de palma aceitera (Experimento 1)

No se consignan los resultados de los tratamientos en los que primero se sumergió la semilla en ethephon sólo, o aquellos en que primero se utilizó ethephon por 24 horas y luego en mezcla con CH_2N_2 por 24 horas adicionales, ya que no se obtuvieron germinaciones significativamente superiores al testigo. Los tres tratamientos que alcanzaron los valores más altos iniciaron su germinación 23 días después de realizados los tratamientos, mientras que en los demás fue a los 30 días. La sola aplicación de H_2SO_4 concentrado por 10 minutos presentó una germinación (5%) inferior al testigo.

Experimento 3

Efecto de concentraciones altas de cianamida hidrogenada

En este experimento, el uso de CH_2N_2 al 2% por 24 horas produjo el inicio de la germinación a los 15 días, la cual se incrementó rápidamente hasta alcanzar 81,5% a los 43 días y un máximo de 92% a los 58 días. En los demás tratamientos, la germinación sólo fue observada después de los 29 días. El uso de CH_2N_2 al 1,5% por 24 horas permitió obtener 79,5% de germinación al cabo de 58 días (Fig. 4). Resultados intermedios se obtuvieron con los tratamientos de 1.5% por 48 horas (60%) y 2% por 48 horas (45.5%). Dosis de CH_2N_2 del 2,5% tienden en general a producir germinaciones muy bajas. Con el tratamiento térmico se alcanzó 95% después de 65 días de iniciado el experimento.

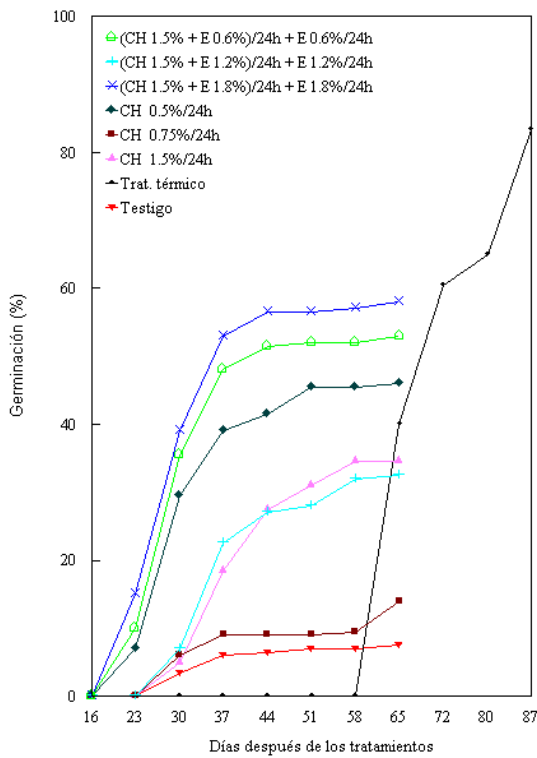


Fig. 3. Efecto de diferentes concentraciones de CH_2N_2 y ethephon (E) solas o en combinación, y por diferentes períodos de inmersión sobre la interrupción del reposo en semillas de palma aceitera (Experimento 2).

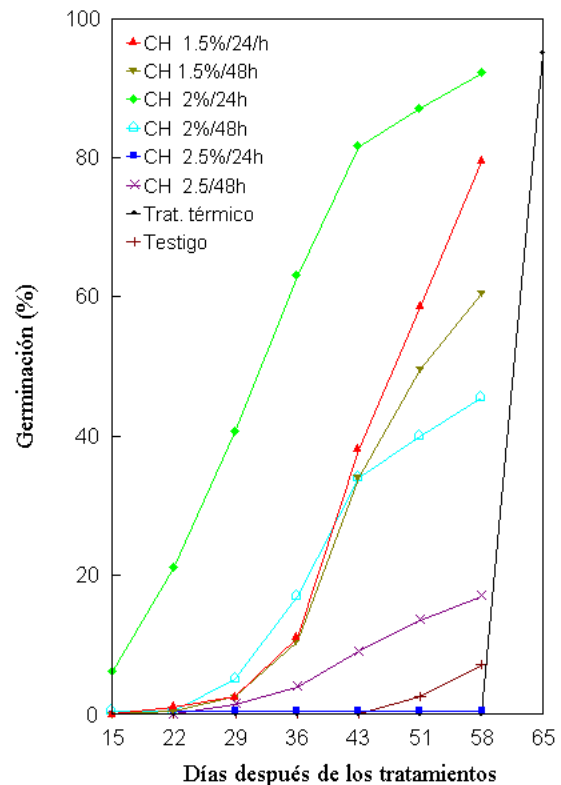


Fig. 4. Efecto de diferentes concentraciones y tiempos de inmersión en CH_2N_2 (CH) sobre la interrupción de la latencia en semillas de palma aceitera (Experimento 3)

Efecto de combinaciones de cianamida hidrogenada y ethephon por períodos alternos de inmersión

Uso de cianamida al 1.5%

En todas las combinaciones realizadas la germinación se inició a los 15 días. El comportamiento germinativo fue muy similar y al cabo de 58 días en todos los tratamientos se obtuvieron valores comprendidos entre 79.5 y 84.5% entre los que no hubo diferencias significativas (Fig. 5).

Uso de cianamida en concentraciones de 2 y 2.5%

El uso de CH_2N_2 al 2% combinado con 0.6% de ethephon por 24 horas seguido por una inmersión de 24 horas en ethephon a la misma concentración, produjo una fuerte germinación inicial, que alcanzó 28% a los 15 días (Fig. 6).

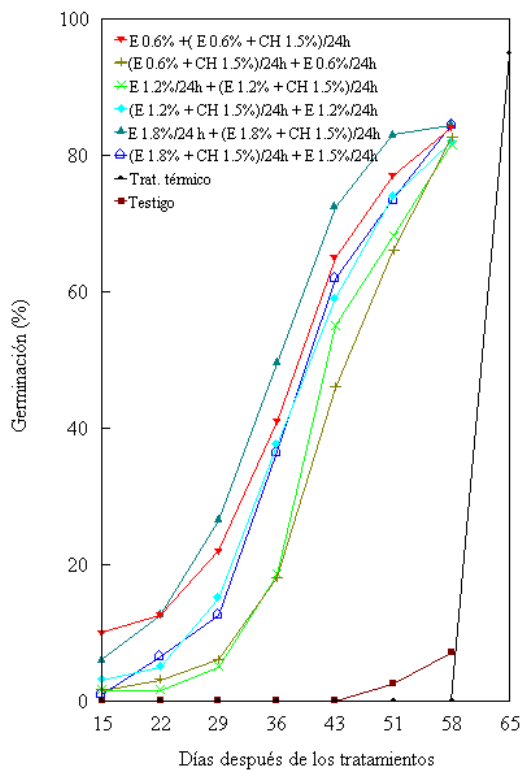


Fig. 5. Efecto de CH_2N_2 (CH) al 1.5% en combinación con varias concentraciones de ethephon (E) por diferentes tiempos de inmersión sobre la interrupción del reposo en semilla de palma aceitera (Experimento 3).

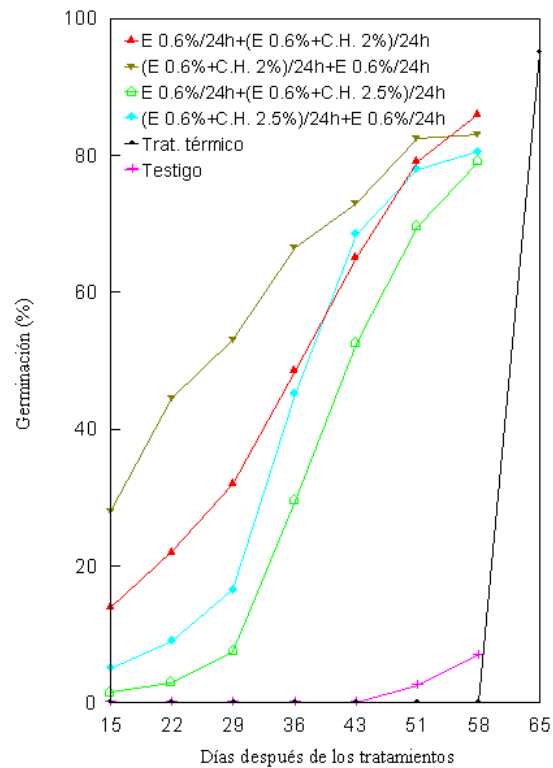


Fig. 6. Efecto de varias combinaciones de ethephon (E) con concentraciones altas (2 y 2.5%) de CH_2N_2 (CH) por diferentes tiempos de inmersión sobre la interrupción del reposo en semilla de palma aceitera (Experimento 3).

En los demás tratamientos el porcentaje de germinación para esa fecha fue inferior al 18%. Sin embargo al final del período de evaluación (58 días) no se encontraron diferencias entre los tratamientos, los cuales variaron entre 79 y 86%. Este último valor se alcanzó con el tratamiento

de 0,6% de ethephon por 24 horas seguido de la combinación de este tratamiento con 2% de CH_2N_2 .

Experimento 4

Los resultados obtenidos en todos los experimentos anteriores evidenciaron un efecto positivo de la cianamida hidrogenada sobre la germinación de la semilla de palma; sin embargo la germinación ocurrió en forma escalonada, en contraste con el tratamiento térmico, en el cual la germinación se concentró en un plazo máximo de tres semanas, si bien tiene el inconveniente de requerir de 6 a 7 semanas de calor previo a su germinación. En este experimento se buscó determinar la influencia de un efecto combinado del calor con la cianamida hidrogenada y el ethephon sobre la germinación.

Con la CH_2N_2 sola se promovió una rápida germinación de manera que a los 23 días se alcanzó 70% de semillas germinadas y valores superiores a 80% a partir de 30 días (Fig. 7). La aplicación de calor posterior a la inmersión en CH_2N_2 no estimuló la germinación y por el contrario 2 y 3 semanas la retardaron.

Cuando se usó la mezcla de CH_2N_2 y de ethephon con tratamientos térmicos por 1, 2 y 3 semanas se obtuvo un retardo notable en el inicio de la germinación conforme aumentó el período de calentamiento (Fig. 8). Con una semana de calentamiento se alcanzó 86% de germinación a los 23 días, mientras que con tres semanas de calor se necesitaron 58 días para lograr un resultado similar. Con excepción del testigo, al final del período de evaluación (58 días), se superó el 75% de germinación.

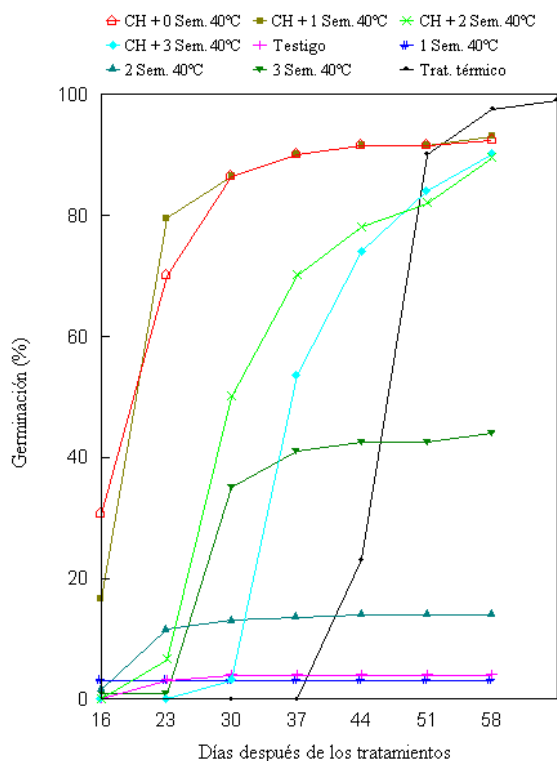


Fig. 7. Efecto de la inmersión inicial en CH_2N_2 (CH) 2% seguido por períodos de exposición de 0 a 3 semanas a un tratamiento térmico a 40°C sobre la interrupción del reposo en semilla de palma aceitera (Experimento 4.)

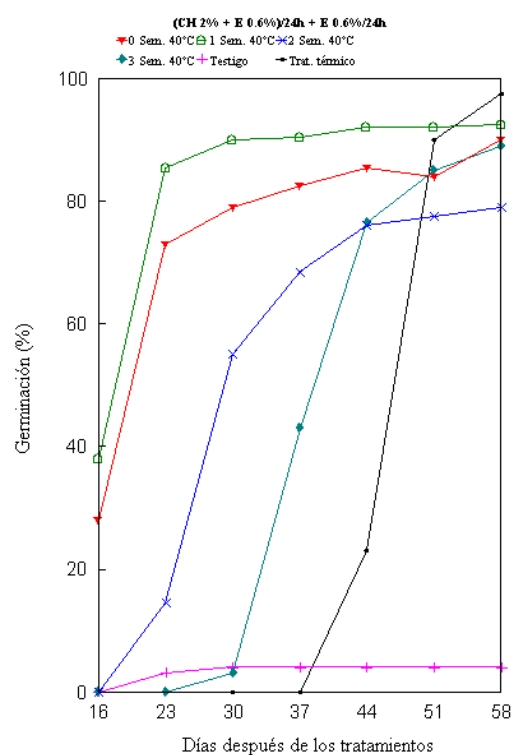


Fig. 8. Efecto de la inmersión inicial en una combinación de CH_2N_2 (CH) 2% y ethephon (E) 0.6% por 24 h seguido por E 0.6% durante 24 h y posteriormente por períodos de 0 a 3 semanas en un tratamiento térmico a 40°C sobre la interrupción del reposo en semilla de palma aceitera (Experimento 4).

Se observó que las semillas tratadas con ethephon produjeron un mayor número de plántulas anormales y débiles, con plúmulas largas y delgadas y una radícula pequeña. Con el uso de CH_2N_2 las plántulas obtenidas presentaron plúmulas de menor tamaño y más compactas, con una base del tallo más gruesa y con una radícula bien desarrollada. Dosis crecientes de ethephon combinadas con cianamida hidrogenada produjeron un sistema radical de menor longitud que el observado con cianamida hidrogenada sola (Fig. 9).

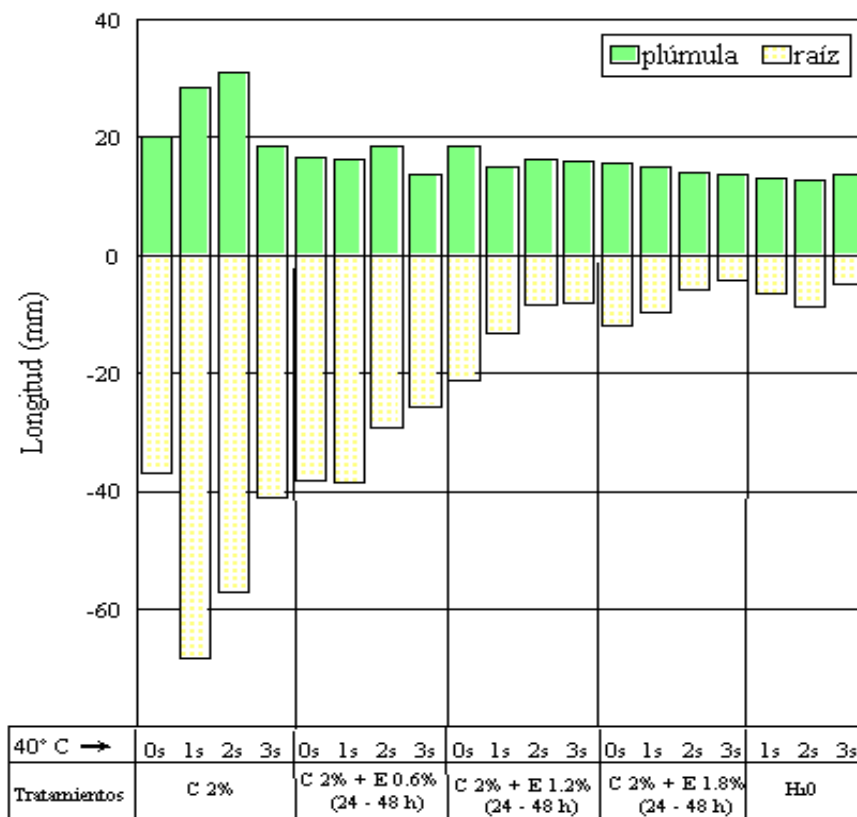


Fig. 9. Efecto de diferentes combinaciones de CH_2N_2 (C) y de ethephon (E) junto con períodos posteriores de 0 a 3 semanas (s) de exposición a 40°C sobre la longitud (mm) de la plúmula y la radícula de plántulas de palma. Resultados obtenidos a los 62 días de iniciados los tratamientos.

Discusión

El "método de calor seco" ha sido usado con éxito para estimular la germinación en la palma aceitera (Addae-Kagyah 1988; Kin 1981; Comont y Jacquemard 1977; Hussey 1958), no obstante presentar el inconveniente del alto costo de mantenimiento de la temperatura y del tiempo prolongado necesario para superar el reposo de la semilla.

En los cuatro experimentos realizados se encontraron tratamientos químicos que estimularon en diferente grado la germinación. Los mejores resultados se obtuvieron con tratamientos de inmersión en H_2SO_4 seguidos por la inmersión por 24 hrs en CH_2N_2 o en ethephon por 48 hrs, así como la inmersión en CH_2N_2 sola. Estos tratamientos estimularon significativamente la germinación, en tiempos relativamente cortos aunque variables (entre 15 y 43 días). El uso de sustancias estimuladoras en semillas de palma fue previamente intentado por Wan y Hor (1983) quienes utilizaron ethephon para interrumpir la latencia. Sin embargo, no obtuvieron resultados positivos, probablemente debido a que usaron concentraciones de 0.1 y 0.2%, las cuales pudieron haber resultado muy bajas, si se considera que las empleadas en este trabajo variaron entre 0.6% y 1.8%. Estos autores señalan que posiblemente los productos químicos no pudieron penetrar la cubierta o la masa de endospermo oleaginoso que rodea al embrión. Por el contrario, los resultados obtenidos en el presente trabajo demostraron que si bien se logró aumentar la germinación mediante el empleo inicial de H_2SO_4 , también se logró obtener altos porcentajes de germinación sin escarificación previa, lo que sugiere que la CH_2N_2 y el ethephon penetraron semilla.

La alta germinación obtenida 25 días después de los tratamientos indica que esta semilla no necesita un período de "posmaduración", lo cual coincide con lo señalado por Hussey (1958), quien demostró que embriones aislados colocados para su germinación en papel de filtro humedecido iniciaban su elongación 24 horas más tarde, concluyendo que estos eran "no estaban en reposo".

Resultados similares fueron obtenidos por Nwanko (1981) al eliminar el opérculo de las semillas y obtener germinaciones elevadas al cabo de 24 horas.

Los resultados con H_2SO_4 alcanzaron altos valores de germinación, aunque su empleo presenta serios inconvenientes, tales como: la cantidad necesaria para realizar tratamientos en semillas de gran tamaño, el efecto contaminante de los residuos y el peligro que entraña para los operarios encargados de la manipulación, todo lo cual hace necesario la búsqueda de soluciones alternativas. Los resultados obtenidos en los experimentos 3 y 4 con el uso de cianamida hidrogenada al 2% permiten contemplar tratamientos químicos sin el uso de H_2SO_4 .

En el segundo experimento se detectó una fuerte disminución en los valores de germinación con los tratamientos empleados, a pesar de que se probaron concentraciones similares a las del primer experimento. Esto es atribuible a que las semillas utilizadas en este caso pertenecen al tipo dura, que se caracteriza en general por presentar una semilla de mayor tamaño y con una cubierta más gruesa, la cual posiblemente limitó la capacidad de penetración de los compuestos al eliminarse el uso del H_2SO_4 . Cabe mencionar que estos mismos tratamientos fueron realizados en el experimento 3, en donde se obtuvieron porcentajes de germinación superiores a 80% (Fig. 4 y Fig.5). También es probable que, como se comenta posteriormente, la condición de humedad haya tenido influencia. En este mismo experimento, los tratamientos en que se utilizó combinaciones de CH_2N_2 y ethephon evidenciaron que la inmersión inicial en el ethephon producía valores muy bajos, mientras que la inmersión inicial en la combinación de ambas sustancias produjo los mayores valores de germinación. Esto puede atribuirse a que la mayor absorción se produce durante las primeras horas de inhibición, por lo que el mayor efecto se debió a CH_2N_2 y no al ethephon.

En términos generales, los tratamientos químicos, especialmente con CH_2N_2 en concentraciones de 1,5 y 2% de la formulación comercial con inmersiones de 24 hrs, promovieron la germinación. Aunque la acción metabólica de este producto no ha sido completamente dilucidada, se sabe que es rápidamente absorbido por los tejidos vegetales, promoviendo la respiración mitocondrial, lo cual produce una acumulación de peróxido (Amberger 1984). En yemas de uva, esto conlleva a un cambio en el nivel oxidativo de los tejidos, que provoca la activación del ciclo de las pentosas fosfato y el inicio del crecimiento (Nir et al. 1993).

Estas acciones provocan la activación de peroxidasas y enzimas afines, que son también responsables de la degradación de lípidos triglicéridos en las semillas con lo cual se favorecería la germinación de éstas (Amberger 1984). Una de las ventajas de este producto es su rápida metabolización, ya que al cabo de 24 hrs el 40% del compuesto se ha degradado en úrea y sus derivados (Goldbach et al. 1988). Es interesante notar que períodos de exposición superiores producen un efecto negativo sobre la germinación, lo cual puede deberse a toxicidad. En efecto, este producto en dosis altas, puede llegar a tener un efecto herbicida (Amberger 1984).

Con ethephon también se alcanzaron altos porcentajes de semillas germinadas. Esta sustancia sintética, al ser absorbida en forma líquida por el vegetal, se hidroliza produciendo etileno, el cual promueve la ruptura del reposo en muchas especies (Reid 1995). La acción del ethephon puede considerarse similar a la de la cianamida. Yang y Hoffman (1984) indican que con la producción de etileno en las plantas ocurre también la formación de HCN. Este sería responsable de la activación de la respiración resistente al cianuro, lo que produciría la activación del ciclo de las pentosas fosfato y por ende de la germinación (Côme 1987). La aplicación exógena de etileno mediante ethephon permitiría suplir la baja capacidad de síntesis de etileno de las semillas en reposo, la cual es considerada por Johnston (1977) como responsable de que no se activen las enzimas y reguladores necesarios para que ocurra la germinación. Cabe señalar que con este producto se obtuvo un mayor número de plántulas anormales y débiles, un fenómeno también observado en otra palma, el pejibaye (*Bactrus gasipae*) (Villalobos et al. 1992). Por su parte, las plántulas obtenidas con semillas tratadas con CH_2N_2 presentaron un crecimiento equilibrado y un sistema radicular mejor desarrollado. Este último resultado podría explicarse con base en lo observado por Yang et al. 1990 en plantas de uva, en donde la aplicación de cianamida produjo un aumento en la translocación de asimilados hacia las raíces.

El empleo de cianamida hidrogenada permitió obtener germinaciones similares a las obtenidas mediante el tratamiento térmico. No obstante, una de las mayores diferencias observadas fue que el tiempo necesario para alcanzar niveles adecuados de germinación (mayores a 80%) con CH_2N_2 varió en los diferentes experimentos entre 23 y 50 días, en contraste con los altos valores de germinación que se alcanzaron al cabo de 15 días, si se excluye el tiempo necesario para la realización del tratamiento térmico. Esta diferencia, que se observó tanto en presencia como en ausencia del tratamiento inicial con H_2SO_4 , podría deberse a variaciones en cuanto a la cantidad absorbida de cianamida hidrogenada por parte de la semilla, ya que este factor también fue observado con ethephon. Sin embargo, experimentos realizados en pejibaye (Villalobos et al. 1992) y café (Guevara et al. 1992) demostraron que el contenido de humedad tanto de la semilla como de las condiciones ambientales es crítico para una germinación adecuada. En general, con contenidos de humedad bajos, la cianamida hidrogenada tiene un efecto tóxico, debido probablemente a la rápida activación del metabolismo causada por este producto (Amberger 1984; Goldbach et al. 1988) que requiere de condiciones de humedad suficientes. En el presente

trabajo los valores de humedad utilizados para la germinación de la semilla de palma se basaron en el manejo que se le da comercialmente. Es posible que la condición de humedad adecuada cuando se realiza el tratamiento térmico de la semilla, no sean la idónea para otro tipo de tratamientos. Al respecto, Nwanko (1981) logró obtener germinaciones del 80% en *Elaeis guineensis* var *pisifera* al cabo de 24 hrs, llevando las semillas a un contenido de humedad del 27-30% en base húmeda y luego eliminando manualmente el opérculo.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la compañía ASD el suministro de semilla de palma de aceite para la realización de este experimento. Asimismo, agradecen a los Ingenieros Francisco Sterling y Amancio Alvarado por la colaboración ofrecida durante el transcurso de esta investigación, y a la compañía SKW Trostberg Aktiengesellschaft, Alemania, por el apoyo brindado.

Literatura citada

- ADDAE-KAGYAH, K.W. 1988. Effect of seed storage, heat pretreatment and its duration on germination and growth of nursery stock of the idolatrica palm, *Elaeis guineensis* var idolatrica (Chevalier). Tropical Agriculture (Trinidad) 65(1) :77-83.
- AMBERGER, A. 1984. Uptake and metabolism of hydrogen cyanamide in plants. In Proceedings of bud dormancy in grapevines: potential and practical uses of hydrogen cyanamide on grapevines. University of California, Davis, USA, August 20. p. 5-7.
- BEINAERT, A. 1936. Germination des graines d'*Elaeis*. Institut National pour l'étude Agronomique du Congo Belge. Série Technique N° 4. s.p.
- BEWLEY, J.D; BLACK, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. 2 ed. Plenum Press, New York. 445p.
- Comont, g.; Jacquemard, j.c. 1977. Germinación de las semillas de palma aceitera (*E. guineensis*) en bolsas de polietileno. Método por "calor seco". Oléagineux, 32(4) :153.154.
- CÔME, D. 1987. Germination et dormance des semences. In: Developement des végétaux; aspects théoriques et synthétiques. Ed. by H. Le Guyadier. Paris, Masson. p. 103-118.
- CORLEY, R.H.V. 1976. Germination and seedling growth. In Developments in crop science. (1) Oil Palm Research. ed. by R.H.V. Corley; J.J.Hardon & B.J. Wood. New York, Elsevier. pp. 23-36.
- CORRADO, F.; WUIDART, W. 1990. Germinación de las semillas de palma africana (*E. guineensis*) en bolsas de polietileno. Método por "calor seco". Oléagineux 45(11):516-518.
- FERWERDA, J.D. 1956. Germination of Oil Palm Seeds. Tropical Agriculture, Trinidad 33(1):51-66.
- GALT, R. 1953. Methods of germinating oil palm seeds. Journal of West African Institute for Oil Palm Research 1:76-87.
- GOLDBACH, H.; THALER, C.; WUNSCH, A.; AMBERGER, A. 1988 Decomposition of ¹⁴C-labelled cyanamide in *Vitis vinifera* cuttings. Journal of Plant Physiology 133(3):299-303.
- GUEVARA, E.; HERRERA, J.; ALIZAGA, R. 1992. Efecto de la cianamida hidrogenada en la semilla de café (*Coffea arabica*) cv. Caturra. II. Influencia sobre el metabolismo germinativo. Agronomía Costarricense 16(2):177-185.

- HARTLEY, C.W.S. 1993. La palma de aceite. C.E.C.S.A., México, pp:181-191.
- HUSSEY, G. 1958. An analysis of the factors controlling the germination of the seed of oil palm, *Elaeis guineensis* (jacq.). Ann. Bot. 22:259-284.
- JOHNSTON, M.E.H. 1977. Germination of seed. Advances in research and technology of seeds. Part 3. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Holanda. p. 7-53.
- KIN, T.T. 1981. Investigations into fruit set capacities of the *Elaeis oleifera* under controlled pollination conditions and germination requirements of the interspecific *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (pisifera) hybrid seeds. Planter, Kuala Lumpur 57:444-451.
- NIR, G.; LAVEE, S.; GOREN, R. 1993. Metabolic changes during cyanamide induced dormancy release in grapevines. Acta Horticulturae 329:271-274.
- NWANKO, B.A. 1981. Facilitated germination of *Elaeis guineensis* var. pisifera seeds. Ann. Bot. 48:251-254.
- REES, A.R. 1959. Germination of oil palm seed: Large scale germination. Journal of West African Institute for Oil Palm Research 3:76-82.
- REES, A.R. 1963a. Some factors affecting the germination of oil palm seeds under natural conditions. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research 4(14):201-207.
- REES, A.R. 1963b. A note on the fate of oil palm seed in a number of habitats. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research 4(14) :208-211.
- REID, M.S. 1995. Ethylene in plant growth, development and senescence. In: Plant Hormones. Physiology, biochemistry and molecular biology. Ed. by P.J. Davies. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holand. pp.486-508.
- VILLALOBOS, R.; HERRERA, J.; GUEVARA, E. 1992. Germinación de la semilla de pejibaye (*Bactris gasipaes*). II. Ruptura del reposo. Agronomía Costarricense 16(1):61-68.
- WAN; C.K.; HOR; H.L. 1983. A study on the effects of certain growth substances on germination of oil palm (*Elaeis guineensis*Jacq.) seed. Pertanika (Malasya) 6(2):45-48.
- YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 35:155-89.
- YANG, YS; CHANG, MT; SHEN, BK. 1990. The effect of calcium cyanamide on budbreak, retranslation of accumulated ¹⁴C-assimilates and changes in N in grapevines in Taiwan . Acta Horticulture 279: 409-425