

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS DE HIDRATAción-DESHIDRATAción SOBRE LA GERMINACION, ESTABLECIMIENTO, FLORACION Y FRUCTIFICACION DEL PEPINO^{1/*}

Jorge A. Sánchez^{2/**}, Eric Calvo^{**}, Bárbara Muñoz^{**}, Ramón Orta^{**}

Palabras clave: *Cucumis sativus* L., germinación, semillas, tratamientos pregerminativos, hidratación-deshidratación.

RESUMEN

Se determinaron los efectos de tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre la germinación de semillas frescas y almacenadas, el establecimiento, la floración y la fructificación de 2 variedades de pepino, cosechadas en Cuba (Hatuey-1 y Japonés), a las que se aplicaron diferentes ciclos de hidratación-deshidratación. En ambas variedades todos los tratamientos aceleraron la postmaduración e incrementaron la germinación en semillas frescas, pero no en semillas almacenadas durante un año a 15°C. Los porcentajes de germinación final obtenidos en condiciones de laboratorio, no estuvieron correlacionados con los porcentajes de emergencia final obtenidos en el suelo bajo condiciones semicontroladas. Sin embargo, las plantas procedentes de semillas tratadas presentaron significativamente mayor vigor, reflejado en el peso seco de partes aéreas y subterráneas. La floración no se afectó por los tratamientos pregerminativos aplicados, pero sí la "estrategia" reproductiva de las plantas y por consiguiente, la producción de frutos. El acondicionamiento por medio de 2 ciclos de hidratación-deshidratación parciales (27 y 48 h respectivamente a 25°C) fue el procedi-

ABSTRACT

Effect of pregerminative hydration-dehydration treatments on the germination, establishment, flowering, and fructification of cucumber. Laboratory and nursery tests were run, to determine the effect of pregerminative hydration-dehydration treatments on the following: germination of fresh and stored seeds, establishment, flowering and fructification. Two varieties of cucumber seeds harvested in Cuba (Hatuey-1 and Japonés) were used. Different hydration-dehydration cycles in water were applied. For both varieties, all the pregerminative treatments tested were adequate to break the dormancy or to increase the rate of germination in fresh seeds, but not in those stored for 1 year at 15°C. The final germination percentages under laboratory conditions did not correlate with the final emergence percentages found in soil under semicontrolled conditions. However, plants from treated seeds were significantly more vigorous, as shown by increased dry weight of subterranean and aerial parts. Flowering was not affected by the pregerminative treatments applied, but the reproductive "strategy" of the plants was, therefore, the production of fruits. In both

1/ Recibido para publicación el 13 de marzo de 1998.
2/ Autor para correspondencia.

* Parte de la Tesis de M.Sc. presentada por el primer autor. Postgrado de Ciencias Ecológicas y Sistemática con Mención en Ecología, Instituto de Ecología y Sistemática.

** Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, (CITMA). Carretera de Varona Km 3 1/2 Capdevila, Boyeros. Ap. postal 8029 Cód. postal 10800, Habana 8, Cuba.

miento más eficiente para incrementar los rendimientos hasta duplicarlos, en ambas variedades, con relación a las plantas resultantes de las semillas no tratadas.

INTRODUCCION

Según Edwards et al. (1986), los factores que más influyeron en la capacidad germinativa de las variedades de pepino (*Cucumis sativus* L.) estudiadas por ellos fueron: a) la correcta maduración de los frutos, b) el tiempo de fermentación para la extracción de las semillas, c) el tiempo de almacenamiento, y d) la temperatura de germinación. Watts (1938) y Nienhuis y Lower (1981) determinaron que las semillas frescas de pepino requieren postmaduración para lograr eliminar la dormancia. Guenkov (1974) además, planteó que el pepino es muy exigente respecto al balance de humedad del suelo y del aire. Esto se debe al desarrollo relativamente débil del sistema radical, y también a la constitución de su sistema de hojas.

Una vía fisiológica para resolver estos problemas es la aplicación de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas, que permiten que éstas alcancen el nivel de humedad deseado y de estado fisiológico, como consecuencia de la activación general del sistema metabólico relacionado con el proceso pregerminativo y la autoreparación enzimática de las membranas celulares (Heydecker et al. 1973, Bewley y Black 1982, Burgass y Powell 1984).

Heydecker et al. (1973), desarrollaron una metodología para acelerar apreciablemente la germinación después de la siembra, mediante la preimbibición de las semillas en soluciones hipertónicas de un agente osmótico bioquímicamente inerte (preferentemente un polímero de alto peso molecular, como el polietilenglicol) durante cierto periodo, con o sin deshidratación previa a la siembra.

Estos tratamientos se conocen en la literatura científica como acondicionadores de semillas o "seed

varieties the priming treatment with two cycles of hydration-dehydration (27 and 48 h, respectively, at 25°C) proved to be the best for increasing the yield, up to doubling it in relation to plants from untreated seeds.

priming" (Heydecker y Coolbear 1977), revigorizadores de semillas o "seed reinvigoration" (Heydecker et al. 1975) y osmoacondicionadores de semillas o "seed osmoconditioning" (Khan et al. 1978). Por otra parte, el fisiólogo ruso P.A. Henckel ha trabajado con los tratamientos robustecedores de semillas en agua o "seed hardening" (Henckel 1964, 1982).

Los objetivos de éstos tratamientos difieren. Los acondicionadores y osmoacondicionadores procuran básicamente acelerar y uniformar la germinación, e incrementar los rendimientos (Heydecker et al. 1973). Los tratamientos revigorizadores pretenden incrementar la germinación en las semillas envejecidas (Heydecker et al. 1975).

Por último, los tratamientos robustecedores procuran básicamente incrementar la tolerancia de las plantas a las condiciones adversas del ambiente (Henckel 1982).

En Cuba los primeros trabajos relacionados con esta temática fueron los realizados por Capote y Fleites (1978) en semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y Orta et al. (1983) en semillas de siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.). En ambos trabajos se obtuvo incrementos significativos de germinación y de establecimiento de las semillas tratadas, bajo déficit hídrico, con respecto al testigo. Posteriormente, Orta et al. (1993a,b) aumentaron la germinación y los rendimientos de diferentes variedades de tomate por medio de varios ciclos de humedecimiento-deseccación de las semillas en agua. Sánchez et al. (s.f.) lograron revigorizar y aumentar considerablemente el porcentaje de germinación final en semillas frescas de pimienta (*Capsicum annuum* L.), que presentaron un potencial germinativo inicial reducido o nulo.

El objetivo del presente trabajo consistió en determinar los efectos de los tratamientos

pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre la germinación de semillas frescas y almacenadas, el establecimiento, la floración, y la fructificación de 2 variedades de pepino cultivadas en Cuba.

MATERIALES Y METODOS

Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación

El presente trabajo se realizó con semillas frescas de 2 variedades de pepino cultivadas en Cuba, Hatuey-1 y Japonés, de 1 mes de edad al inicio de las pruebas, y suministradas por el Laboratorio Central de Certificación de Semillas del Ministerio de la Agricultura. Ambas variedades presentaron una viabilidad potencial inicial de 98%, determinada mediante la prueba de Tetrazolium (TZ) según las normas del International Seed Testing Association (1985). Las mismas semillas se usaron para pruebas adicionales de germinación al cabo de un año; en adelante se designan "frescas" y "almacenadas", respectivamente.

Las semillas se hidrataron según el procedimiento de imbibición parcial propuesto por Orta et al. (1993a), que regula la imbibición en función del tiempo que se mantiene en contacto cualquier volumen de semillas con suficiente cantidad de agua, y no en función del equilibrio de potenciales osmóticos, ni la limitación en la cantidad de agua añadida, como plantean los modelos desarrollados por Heydecker et al. (1973) y Henckel (1982), respectivamente.

La dinámica de absorción de agua no difiere significativamente entre cultivares (Sánchez et al. 1997); esto permitió utilizar un tiempo único en los tratamientos de hidratación parcial de las semillas para cada variedad estudiada. La imbibición se realizó en agua a 25°C durante 27 h (tiempo en que las semillas alcanzaron un 74% de humedad con respecto a su peso fresco) y la deshidratación se efectuó al aire durante 48 h a 25°C (tiempo necesario para alcanzar aproximadamente el peso fresco inicial de la semillas).

Los tratamientos aplicados fueron:

- T1: semillas no tratadas o control
- T2: un ciclo de hidratación-deshidratación
- T3: 2 ciclos de hidratación, alternados con 2 períodos de deshidratación.
- T4: idem al tratamiento T3, seguidos de un ciclo de hidratación aeróbica a 25°C durante 12 h (tiempo en que se alcanzó la completa imbibición de las semillas, 2 h antes del inicio de la germinación), y de deshidratación durante 48 h previo a la siembra.

La fase de hidratación parcial de los tratamientos T2 y T3 y la primera parte del tratamiento T4 se efectuaron mediante la sumersión completa de las semillas en el agua; por consiguiente, estos procedimientos se llevaron a cabo en condiciones de anoxia parcial, lo cual facilita su introducción en la práctica agrícola. El tercer ciclo de hidratación parcial del tratamiento T4 se realizó en condiciones aeróbicas para facilitar que las semillas alcancen un nivel de humedad superior (90% con respecto al peso fresco) al que se obtiene con los tratamientos T2 y T3.

Pruebas de germinación en semillas frescas y almacenadas

Siembra en papel. Las semillas frescas de cada variedad y tratamiento fueron sembradas en placas de Petri de 9 cm de diámetro, sobre papel de filtro humedecido con agua destilada estéril a 25°C. Se utilizaron 5 réplicas de 25 semillas cada una por variante; el conteo de la germinación se realizó diariamente durante 7 días, considerando como germinadas aquellas en las que emergía la radícula. Se determinó el índice T_{50} (velocidad de germinación, dada por el tiempo en que se alcanza el 50% en la muestra), así como el porcentaje de germinación final.

El porcentaje de semillas vivas no germinadas y de semillas muertas se determinó mediante la prueba de TZ.

La capacidad revigorizadora del tratamiento T2 se probó en lotes de semillas almacenadas durante 1 año a 15±2°C, comparándolas con semillas frescas. Se utilizó el tratamiento T2

por ser el más eficiente para incrementar la germinación de las semillas frescas, aspecto que se discute más adelante. Las condiciones de siembra y de esterilidad utilizadas fueron semejantes a las descritas en las pruebas de germinación de las semillas frescas.

Pruebas de establecimiento

Siembra en suelo. Las semillas de cada tratamiento y variedad se sembraron en cajas plásticas de 3 dm³ de capacidad, a una profundidad de 3 cm (Guenkov 1974), en un substrato compuesto por suelo pardo, arena lavada y materia orgánica, en proporción volumétrica de 2:1:1. La siembra se realizó en la época temprana para el cultivo, del 1 al 15 de noviembre de 1995, y el experimento se llevó a cabo bajo cielo abierto; por tanto, estuvo expuesto a todos los factores abióticos y bióticos del ambiente. El suelo se regó diariamente. Se utilizaron para cada variedad y tratamiento 5 cajas con 10 semillas cada una. El conteo de la emergencia se realizó diariamente durante 10 días y se determinó el índice T_{50} (velocidad de emergencia de las plántulas, dada por el tiempo en que se alcanza el 50% en la muestra), así como el porcentaje de emergencia final.

Los parámetros de vigor medidos fueron: peso seco (g) de las raíces, el tallo y las demás partes aéreas, determinados mediante el secado de las muestras durante 48 h en una estufa a 70°C. Además, se determinó el área foliar (cm²), por el método de relación área: peso (Watson 1952); esta variable se utilizó para calcular el índice de área foliar.

Pruebas de floración y fructificación

Siembra en suelo. Las semillas se sembraron en cajas plásticas de 50 dm³ de capacidad, con el objetivo de obtener 4 plantas por recipiente. La profundidad de siembra, composición del substrato y la fecha fueron semejantes a las descritas en las pruebas de establecimiento. Se utilizaron 8 réplicas por cada tratamiento y variedad. Se colocaron tutores, se regó diariamente y no se

aplicaron fertilizantes ni plaguicidas. El experimento se realizó en las condiciones ambientales descritas en las pruebas de establecimiento y se terminó al cabo de 70 días.

Para cada tratamiento y variedad se determinó los siguientes parámetros: inicio de la floración masculina y femenina/planta (días); número de flores masculinas y femeninas/planta; inicio de la cosecha (días); número de frutos/planta; longitud del fruto (cm); peso fresco del fruto (g); rendimiento, expresado como gramos de frutos maduros/cada planta y biomasa relativa de frutos (o índice de cosecha) (Beable 1987) y de estructuras vegetativas (%). Estas 2 últimas variables se calcularon con base en los valores absolutos de la biomasa del fruto y de las estructuras vegetativas con respecto a la biomasa total (biomasa subterránea, aérea y del fruto). La biomasa neta total (g) se determinó mediante el secado de las muestras en estufa a 100°C durante 48 h.

Procesamiento de los datos

El procedimiento estadístico se aplicó independientemente para cada variedad. Los datos expresados en porcentajes se transformaron en $\arcsin \sqrt{\%}$ y los demás parámetros que no cumplieron homogeneidad de variancia se transformaron \sqrt{x} o $\log(x)$, según el caso. Todas las variables se procesaron mediante análisis de variancia de clasificación simple. Se aplicaron pruebas de correlación lineal entre el porcentaje de germinación final y el porcentaje de emergencia final.

RESULTADOS Y DISCUSION

Pruebas de germinación en condiciones de laboratorio

En ambas variedades de pepino, los tratamientos pregerminativos ensayados aceleraron e incrementaron significativamente la germinación de las semillas frescas (Cuadro 1). El tratamiento T2 (semillas acondicionadas en agua por medio de un sólo ciclo de hidratación-deshidratación)

resultó el más eficiente para aumentar la germinación final. Con este se logró un incremento del 13-29% de la germinación final en las variedades Japonés y Hatuey-1, respectivamente.

Los tratamientos T3 y T4 (semillas acondicionadas por medio de 2 y 3 ciclos de hidratación parcial) también incrementaron el porcentaje de germinación final en ambas variedades, con respecto al testigo. Solo que en la variedad Hatuey-1 los resultados obtenidos con éstos procedimientos fueron significativamente inferiores al que se obtuvo con el tratamiento T2. Al parecer, la repetición del ciclo de hidratación parcial en combinación con una imbibición prolongada de las semillas (en particular el tratamiento T4) disminuyó considerablemente la capacidad germi-

nativa de las semillas menos vigorosas del lote y por consiguiente, su viabilidad (Cuadro 1). Crevecoer et al. (1976) plantearon que esto se debe fundamentalmente al prolongado tiempo de imbibición al que se encuentran sometidas las semillas durante la fase de hidratación parcial de los tratamientos pregerminativos, que desencadena el desarrollo de procesos fisiológicos irreversibles y el agotamiento de las reservas nutricionales de las semillas sin alcanzar la germinación del embrión.

Todos los tratamientos pregerminativos evaluados aceleraron significativamente la germinación en ambas variedades de pepino (Cuadro 1). Los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos T3 y T4, que lograron disminuir

Cuadro 1. Variables de germinación en semillas frescas de pepino, según las variedades y los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación.

Tratamientos*	Germinación final (%)	Velocidad de germinación (días)	Semillas vivas no germinadas (%)	Semillas muertas (%)
Variedad Hatuey -1				
T1	68.0 ^{c**}	3.26 ^a	30.0 ^a	2.0 ^b
T2	96.8 ^a	1.20 ^b	1.0 ^b	2.0 ^b
T3	88.4 ^b	0.71 ^c	—	11.6 ^a
T4	88.0 ^b	0.65 ^c	—	12.0 ^a
ES (±)	6.17	0.72	14.5	2.8
Variedad Japonés				
T1	81.6 ^b	2.04 ^a	16.0 ^a	2.4 ^b
T2	94.6 ^a	1.00 ^b	5.4 ^b	—
T3	92.0 ^a	0.58 ^b	2.8 ^c	5.2 ^a
T4	90.8 ^a	0.72 ^b	4.8 ^{bc}	4.4 ^a
ES (±)	2.83	0.33	2.96	0.83

* T1= Testigo.

T2= 1 ciclo de hidratación-deshidratación.

T3= 2 ciclos de hidratación-deshidratación.

T4= 2 ciclos de hidratación-deshidratación + más ciclo aeróbico.

** Medias con letras diferentes en la misma columna, según la variedad, difieren significativamente a $P \leq 0.05$ por medio de una prueba de Duncan.

ES= Error estándar de las medias.

a menos de un día, con relación a su testigo, el tiempo necesario para alcanzar el 50% de la germinación. Tal efecto, podría deberse a la repetición del ciclo de hidratación-deshidratación con agua, que permite alcanzar un mismo nivel de humedad y estado fisiológico en las semillas, y con ello acelerar el momento de inicio de la germinación.

Las semillas almacenadas por 1 año presentaron mayores porcentajes de germinación final que las semillas frescas no tratadas (Cuadro 2). En ambas variedades el almacenamiento durante 1 año a 15°C, eliminó cualquier tipo de dormancia que pudiera existir en las mismas. Un resultado similar alcanzaron Edwards et al. (1986), almacenando semillas frescas de pepino durante 6 meses a 22±2°C. Nikolaeva (1982), planteó la necesidad de este tratamiento (postmaduración en seco) para representantes de algunas familias tropicales, como vía para eliminar la dormancia embrionaria. Roberts (1963),

señaló que este proceso de postmaduración es termodependiente.

Bajo condiciones óptimas las semillas frescas de pepino exhiben una germinación satisfactoria (Edwards et al. 1986), aunque Shiffriss y George (1965) y Nienhuis y Lower (1981) encontraron dormancia en algunas variedades. El objetivo del almacenamiento en esta investigación no consistió en la eliminación de la dormancia, sino en el envejecimiento de las semillas, para luego tratar de recuperar su vigor. Este resultado no se logró con el tratamiento pregerminativo empleado (T2), debido a que el almacenamiento *per se*, bajo nuestras condiciones de estudio, afectó significativamente la viabilidad de las semillas que no lograron eliminar la dormancia, pero no el vigor del resto (Cuadro 2).

El tratamiento T2, entonces, es recomendable para acelerar el proceso de postmaduración e incrementar la germinación en semillas frescas de estas variedades de pepino, pero no en

Cuadro 2. Efecto de 2 ciclos de hidratación-deshidratación sobre la germinación de semillas de pepino almacenadas por un año a 15°C, en contraste con semillas frescas.

Tratamientos*	Germinación final (%)	Semillas vivas no germinadas(%)	Semillas muertas(%)
Variedad Hatuey-1			
I	68.0 ^{c**}	30.0 ^a	2.0 ^b
II	97.0 ^a	2.8 ^b	—
III	88.0 ^b	—	12.0 ^a
IV	88.0 ^b	—	12.0 ^a
ES(±)	6.12	13.6	3.3
Variedad Japonés			
I	81.6 ^b	16.4 ^a	2.0 ^b
II	93.0 ^a	6.4 ^b	—
III	88.8 ^{ab}	—	11.8 ^a
IV	92.0 ^a	—	8.0 ^a
ES(±)	2.5	5.0	2.8

* I: Semillas frescas (control).

II: Semillas frescas tratadas mediante el T2 (ver cuadro 1).

III: Semillas almacenadas (control).

IV: Semillas almacenadas y tratadas mediante el T2.

* Medias con letras diferentes en la misma columna, según la variedad, difieren significativamente a P≤0.05 por medio de una prueba de Duncan.

ES= Error estándar de las medias.

las semillas almacenadas durante 1 año a 15°C. Levitt y Hamm (1943) lograron también, acelerar el proceso de postmaduración en semillas de *Taraxacum kok-saghyz* al osmoacondicionarlas en soluciones salinas. Welbaum y Brabford (1991) y Oluoch y Welbaum (1996) plantearon que la efectividad de estos tratamientos en *Cucumis melo* L. depende del grado de maduración que tengan las semillas en su momento de obtención. Concluyeron además, que el incremento de la germinación por la hidratación parcial no sólo se debe a la activación de los mecanismos reparadores de las membranas, reportados en diferentes cultivos (Ward y Powell 1983, Choudhuri y Basu 1988); al parecer están involucrados otros procesos relacionados con la maduración fisiológica de las semillas.

Pruebas de establecimiento

Los tratamientos pregerminativos aplicados no afectaron significativamente las variables

de emergencia estudiadas (Cuadro 3), aunque los mayores porcentajes de emergencia final se obtuvieron casi siempre con dichos tratamientos. Además, no existió correlación lineal ($P > 0.05$) alguna entre el porcentaje de germinación final obtenido en laboratorio y el porcentaje de emergencia final obtenido en el suelo.

Diversos autores (Heydecker y Coolbear 1977, Szafirowska et al. 1981, Khan et al. 1983, Orta et al. 1993 b) han acelerado e incrementado la emergencia de diferentes cultivos en condiciones de campo, por medio de la hidratación parcial de las semillas antes de la siembra. Es posible que este resultado se relacione con el comportamiento de los cultivos en condiciones naturales, y se deba fundamentalmente a la influencia del medio edáfico sobre la emergencia de las plántulas (Perry 1970).

Doneen y McGillivay (1943), determinaron que la pobre emergencia en condiciones de campo no sólo está asociada con la pobre germinación. Según estos autores, los procesos de postgerminación y preemergencia juegan un im-

Cuadro 3. Variables de emergencia y de vigor en plantas de pepino, según las variedades y los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación.

Tratamientos*	Emergencia final (%)	Velocidad de emergencia (días)	Índice de área foliar	Peso seco (g)			
				Tallo	Raíces	Parte aérea	Total
Variedad Hatuey-1							
T1	75.0 ^{a**}	4.37 ^a	0.058 ^c	0.009 ^b	0.010 ^b	0.111 ^b	0.135 ^b
T2	75.0 ^a	3.95 ^a	0.063 ^{bc}	0.013 ^{ab}	0.020 ^a	0.160 ^a	0.193 ^{ab}
T3	80.0 ^a	3.75 ^a	0.073 ^{ab}	0.014 ^{ab}	0.023 ^a	0.183 ^a	0.221 ^a
T4	77.3 ^a	4.91 ^a	0.081 ^a	0.016 ^a	0.016 ^a	0.189 ^a	0.221 ^a
ES(±)	1.18	0.25	0.006	0.005	0.003	0.017	0.020
Variedad Japonés							
T1	75.0 ^a	3.21 ^a	0.031 ^c	0.008 ^b	0.008 ^b	0.073 ^c	0.092 ^c
T2	80.0 ^a	2.79 ^a	0.069 ^b	0.016 ^a	0.018 ^a	0.139 ^b	0.161 ^b
T3	80.0 ^a	3.00 ^a	0.085 ^a	0.017 ^a	0.019 ^a	0.198 ^a	0.232 ^a
T4	75.8 ^a	3.33 ^a	0.074 ^a	0.014 ^a	0.016 ^a	0.191 ^a	0.214 ^a
ES(±)	1.33	0.14	0.011	0.002	0.004	0.030	0.031

* Ver Cuadro 1

** Medias con letras diferentes en la misma columna, según la variedad, difieren significativamente a $P \leq 0.05$ por medio de una prueba de Duncan.

ES= Error estándar de las medias.

portante papel en la emergencia de las plántulas; aunque obviamente el vigor de las semillas y las condiciones de campo pueden afectar este proceso. Como se expresó anteriormente, los tratamientos pregerminativos aplicados aumentaron el vigor o la capacidad germinativa de las semillas. Sin embargo, este efecto no parece ser suficiente para acelerar e incrementar la emergencia en nuestras condiciones de siembra.

Por otro lado, el vigor de las plantas sí fue afectado significativamente por los tratamientos pregerminativos aplicados (Cuadro 3). Las semillas tratadas produjeron plantas con mayor desarrollo vegetativo que las plantas procedentes de semillas testigo, alcanzándose los mejores resultados en la mayoría de estas variables con los tratamientos T3 y T4.

El índice de área foliar, el peso seco de las partes aéreas y el peso total de las plantas fueron las variables que mayor variabilidad presentaron (Cuadro 3). El peso seco de las raíces y del tallo no difirieron significativamente ($P > 0.05$) entre los tratamientos T2, T3 y T4, pero sí con respecto al testigo.

Pozo (1983), en semillas de siratro, y Orta et al. (1993 b) en semillas de tomate, también lograron incrementar el vigor de las plantas por medio del humedecimiento-deseccación de las semillas en soluciones de polietilenglicol-4000 y de agua, respectivamente. Esto demuestra que los tratamientos referidos inducen cambios metabólicos y/o morfológicos que aceleran el desarrollo vegetativo de las plantas en sus primeras etapas de la vida, lo que se traduce en mejor capacidad de sobrevivencia de las mismas ante las fluctuaciones ambientales.

Pruebas de floración y fructificación

Las variables de floración analizadas, en ambas variedades de pepino, no se afectaron significativamente por los tratamientos pregerminativos aplicados (Cuadro 4). El día de inicio de la floración masculina y el número de flores masculinas producidas por plantas, independientemente de la variedad y tratamiento, siempre fueron significativamente diferentes ($t = 5.33$, $P \leq 0.01$) al

día de inicio de floración femenina y al número de flores femeninas producidas por las plantas.

Guenkov (1974), planteó que el inicio de la floración y la relación entre flores masculinas y femeninas depende considerablemente de las peculiaridades de las variedades, del balance nutricional del medio, de la duración del día, del balance térmico y de la presencia en las plantas de fitohormonas estimuladoras de la floración. Díaz e Iglesias (1993) señalaron, además, que el nivel hormonal en los órganos reproductores cambia con las condiciones de campo, a diferentes estrés simultáneos de temperatura y precipitación. Por otra parte, Andreyeva (1963) logró acelerar la floración e incrementar los rendimientos en el cultivo del pepino, mediante la imbibición de las semillas en agua durante 2 y 3 días, en combinación con diferentes niveles de temperatura del medio (-2 a 5°C); lo que evidencia que este proceso es complejo y depende de la interrelación que se establezca entre los diferentes factores del medio que afecten la floración. En nuestras condiciones de siembra, el balance nutricional del substrato y la iluminación fueron idénticos en todos los tratamientos.

El día de inicio de la cosecha tampoco se afectó significativamente por los tratamientos pregerminativos evaluados. Este resultado es normal, debido fundamentalmente a que esta variable debe estar muy correlacionada con el día de inicio de la floración femenina, la cual no difiere entre los tratamientos como se mencionó.

El mayor rendimiento, en ambas variedades, se obtuvo con el tratamiento T3, el cual logró incrementar hasta 2 veces los rendimientos con relación a su testigo (Cuadro 4). Con este tratamiento se obtuvo los frutos más largos y pesados y, en la variedad Japonés, más frutos por planta.

Resultados similares obtuvieron Khan et al. (1983) y Orta et al. (1993a,b) en el cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) y del tomate, respectivamente. Esto demuestra la efectividad de los procedimientos ensayados para incrementar la producción de las especies cultivadas.

El resto de los tratamientos utilizados (T2 y T4) no difirieron significativamente del testigo (T1), aunque con éstos, se obtuvo generalmente, rendimientos superiores al control.

Cuadro 4. Variables de floración y de fructificación, en pepino, según las variedades y los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación.

Tratamientos*	Inicio floración masculina	Inicio floración femenina	Número flores masculinas	Número flores femeninas	Día de inicio cosecha	Número frutos/planta	Largo del fruto	Peso del fruto	Rendimiento
Variedad Hatuey-1									
T1	35.2 ^{a**}	40.5 ^a	32.1 ^a	3.0 ^a	60.4 ^a	2.0 ^a	16.5 ^b	153.7 ^b	490.2 ^b
T2	35.0 ^a	41.0 ^a	31.5 ^a	3.4 ^a	59.5 ^a	2.2 ^a	20.2 ^{ab}	194.2 ^b	451.7 ^b
T3	34.2 ^a	40.2 ^a	37.8 ^a	3.8 ^a	61.0 ^a	2.5 ^a	24.6 ^a	301.2 ^a	1011.6 ^a
T4	34.3 ^a	41.0 ^a	37.3 ^a	3.7 ^a	62.1 ^a	2.5 ^a	18.7 ^{ab}	211.3 ^b	565.2 ^b
ES (±)	0.24	0.19	1.73	0.17	0.54	0.12	1.70	30.3	125.9
Variedad Japonés									
T1	36.8 ^a	42.8 ^a	30.7 ^a	3.6 ^a	68.1 ^a	2.0 ^b	11.2 ^b	131.1 ^b	250.4 ^b
T2	35.0 ^a	39.3 ^a	31.6 ^a	3.8 ^a	62.5 ^a	2.0 ^b	11.9 ^b	158.2 ^{ab}	316.3 ^b
T3	34.2 ^a	40.6 ^a	32.1 ^a	4.3 ^a	62.1 ^a	2.8 ^a	16.5 ^a	195.0 ^a	497.5 ^a
T4	34.3 ^a	41.6 ^a	30.9 ^a	4.9 ^a	61.8 ^a	2.7 ^a	12.6 ^b	125.5 ^b	390.0 ^b
ES(±)	0.60	0.74	0.32	0.29	0.37	0.21	1.18	15.8	53.0

*Ver Cuadro 1

**Medias con letras diferentes en la misma columna, según la variedad, difieren significativamente a $P \leq 0.05$ por medio de una prueba de Duncan.

ES= Error estándar de las medias.

Los resultados obtenidos en esta variable pueden considerarse satisfactorios si se tiene en cuenta la época del año en que se llevó a cabo el experimento (época de siembra temprana) y en las condiciones en que se desarrolló el mismo (sin fertilizantes químicos, ni plaguicidas). Según Muñoz y Sardiñas (1989), en esta época las condiciones del medio no son las óptimas para el desarrollo adecuado del pepino en Cuba; los rendimientos más altos deben esperarse en las siembras realizadas entre enero y marzo, época que al principio es seca y al final lluviosa, y según se desarrolla el cultivo encuentra temperaturas crecientes.

La biomasa neta absoluta y la biomasa relativa de frutos o índice de cosecha, siguieron un comportamiento similar al rendimiento (Cuadro 5). El tratamiento T3 indujo una respuesta reproductiva diferente, consistente en asignar mayores recursos energéticos a la producción de frutos que a la producción relativa de estructuras vegetativas, en contraposición a las plantas proceden-

tes de semillas no tratadas, que asignaron mayor cantidad relativa de energía a la producción de estructuras vegetativas (Cuadro 5), en detrimento de las reproductivas.

En tomate, Orta et al. (1993b) también obtuvieron cambios en el comportamiento reproductivo del cultivo a través de la hidratación parcial de las semillas en agua. Demostrándose, de esta manera, que dichos tratamientos permiten la expresión de "estrategias" reproductivas alternativas; este aspecto podría resultar muy importante en diferentes condiciones ecológicas de siembra, si se tiene en cuenta que el pepino es muy exigente con respecto al nivel de humedad y de temperatura que necesita para la floración y fructificación (Guenkov 1974).

Todo lo antes mencionado permite concluir que la biotecnología aplicada constituye una vía sencilla, rápida y económica para mejorar el comportamiento agronómico de los cultivos; en específico los aspectos relacionados con la germinación, el establecimiento y la producción de

Cuadro 5. Biomasa neta absoluta y relativa de frutos y de estructuras vegetativas en pepino, según las variedades y los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación.

Tratamientos*	Biomasa neta absoluta (g)	Biomasa relativa frutos (%)	Biomasa relativa de estructuras vegetativas (%)
Variedad Hatuey-1			
T1	12.3 ^{b**}	34.6 ^c	65.3 ^a
T2	16.6 ^b	36.7 ^b	63.9 ^a
T3	22.4 ^a	48.3 ^a	51.7 ^b
T4	18.6 ^{ab}	44.8 ^{ab}	55.2 ^b
ES(±)	2.10	3.07	3.80
Variedad Japonés			
T1	12.3 ^b	32.0 ^b	67.7 ^a
T2	13.1 ^b	36.7 ^b	64.2 ^a
T3	21.6 ^a	49.1 ^a	50.3 ^b
T4	16.6 ^b	40.0 ^b	60.3 ^a
ES(±)	2.11	3.60	3.76

*Ver Cuadro 1

**Medias con letras diferentes en la misma columna, según la variedad, difieren significativamente a $P \leq 0.05$ por medio de una Prueba de Duncan.

ES= Error estándar de las medias.

frutos. Además, permite desarrollar la agricultura orgánica o agroecológica, debido a que con la misma se obtienen incrementos significativos en los rendimientos de los cultivos, minimizando la dependencia de los productos químicos.

CONCLUSIONES

Los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación aceleran, uniformizan e incrementan el porcentaje de germinación final en las semillas frescas de las variedades de pepino utilizadas, pero no en almacenadas durante un año a 15°C.

Los tratamientos de humedecimiento-deshidratación no afectan la emergencia de las plántulas bajo las condiciones de siembra en el suelo usadas en esta prueba.

Las plantas resultantes de semillas tratadas presentan mayor vigor que las plantas resultantes de las semillas no tratadas, durante los primeros 15 días después de la siembra.

Las variables de floración que se estudiaron no son afectadas significativamente por los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación aplicados a las semillas.

El tratamiento pregerminativo con 2 ciclos de hidratación-deshidratación permite la expresión de "estrategias" reproductivas alternativas para la máxima producción de frutos, y por esa vía incrementa los rendimientos con respecto a las plantas procedentes de las semillas no tratadas.

Se corroboró la efectividad del modelo de hidratación parcial propuesto por nuestro grupo de investigación para mejorar el comportamiento agronómico de las hortalizas, empleándose solamente agua como medio de imbibición.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los compañeros Nancy Ricardo Nápoles, Eglis Pérez y Avelino Suárez, por la revisión crítica del manuscrito, de

gran utilidad en la realización del mismo. Asimismo hacemos extensivos nuestros agradecimientos a los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias en la confección final del documento.

LITERATURA CITADA

- ANDREYEVA, R. 1963. Manejo de semillas de hortalizas para mejorar su productividad [en ruso]. *Kartofiel i ovoschi*, 2, Moscú [citado por Guenkov, 1974].
- BEABLE, C.L. 1987. Plant growth analysis. In: *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*. Ed. by J. Coombs et al., Pergamon Press Ltd. 298 p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 2: Viability, dormancy and environmental control. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 375 p.
- BURGASS, R.W.; POWELL, A.A. 1984. Evidence for repair processes in the invigoration of seeds by hydration. *Ann. Bot.* 53:753-757.
- CAPOTE, L.S.; FLEITES, V.R. 1978. Acondicionamiento contra la sequía en algunas variedades de tomate cultivadas en Cuba. La Habana. Instituto de Ecología y Sistemática. 19 p.
- CHOUDHURI, N.; BASU, R.N. 1988. Maintenance of seed vigor and viability of onion (*Allium cepa* L.). *Seed Sci. Technol.* 7:57-64.
- CREVECOEUR, M.; DELTOUR, R.; BRONCHART, R. 1976. Cytological study on water stress during germination of *Zea mays*. *Plant Physiol.* 132: 31-41.
- DIAZ, M.M.; IGLESIAS, R. 1993. Influencia de las condiciones ambientales sobre el balance hormonal en flores de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Campbell-28. In: *IV Simposio de Botánica*. La Habana, Cuba. Resúmenes. p. 323-324.
- DONEEN, L.D.; MCGILLUVAY, J.H. 1943. Germination (emergence) of vegetable seed as affected by different soil moisture conditions. *Plant Physiol.* 18:524-529.
- EDWARDS, M.D.; LOWER, R.L.; STAUB, J.E. 1986. Influence of seed harvesting and handling procedures on germination of cucumber seeds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:507-512.
- GUENKOV, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. La Habana, Cuba. Editorial Organismo. 355 p.
- HENCKEL, P.A. 1964. Physiology of plants under drought. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 15:363-386.
- HENCKEL, P.A. 1982. Fisiología de la resistencia de las plantas al calor y a la sequía [en ruso]. Nauka, Moscú. 280 p.
- HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. 1977. Seed treatments for improved performance. Survey and attempted prognosis. *Seed Sci. Technol.* 5:353-425.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R.L. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature (London)* 246:42-44.
- HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TUNER, Y.J. 1975. Invi-goration of seeds?. *Seed Sci. Technol.* 3:881-888.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 1985. International rules for seed testing. *Seed Sci. Technol.* 13:327-328.
- KHAN, A.A.; PECK, N.H.; TALOR, A.G.; SAMIMY, C. 1983. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. *Agron. J.* 75:788-794.
- KHAN, A.A.; TAO, K.L.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; POWELL, L.E. 1978. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical change. *Acta Hort.* 83:267-278.
- LEVITT, L.H.; HAMM, P.C. 1943. A method of increasing the rate of seed germination of *Taraxacum kok-saghyz*. *Plant Physiology.* 18:288-293.
- MUNOZ, L.; SARDINAS, J. 1989. Mejoramiento y producción del pepino para diferentes épocas. Reporte de Investigación del Instituto de Investigaciones Fundamentales en la Agricultura Tropical. Ciudad de La Habana. 19 p.
- NIENHUIS, J.; LOWER, R.L. 1981. The effects of fermentation and storage time on germination of cucumber seeds at optimal and suboptimal temperatures. *Cucurbit Genet. Coop. Rpt.* 4:13-15.
- NIKOLAEVA, M.G. 1982. Dormancia de las semillas. Cap. 4. In *Fisiología de las semillas*, (en ruso). Ed. by A.A. Prokofiev, Nauka, Moscú. 318 p.
- OLUOCH, M.O.; WELBAUM, G.E. 1996. Effects of postharvest washing and post-storage priming on viability and vigour of six-year-old muskmelon (*Cucumis melo* L.) seeds from eight stages of development. *Seed Sci. Technol.* 24:195-209.

- ORTA, R.; POZO, L.; PEREZ, E.; ESPINOSA, I. 1983. Aplicación de tratamientos pregerminativos a semillas de siratro *Macroptilium atropurpureum* (Moc & Sessé) Urb. In: Memorias del I Simposio de Botánica. La Habana, Tomo V. 251-264.
- ORTA, R.; SANCHEZ, J.A.; MUNOZ, B.; CALVO, E. 1993a. Imbibición en agua vs. soluciones poliméricas en los tratamientos basados en la hidratación-deshidratación de semillas. In: Resúmenes de IV Simposio de Botánica. Editora Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba. p. 319.
- ORTA, R.; SANCHEZ, J.A.; MUNOZ, B.; CALVO, E. 1993b. Tratamientos acondicionadores v robusteadores de semillas y su efecto sobre el comportamiento reproductivo de las plantas. I. Siembra temprana del tomate. In: Resúmenes de IV Simposio de Botánica. La Habana, Cuba. p. 319.
- PERRY, D.A. 1970. The relation of field vigour to seed and field establishment of garden pea cultivars. J. Agr. Sci. 74:343-348.
- POZO, L.P. 1983. Aplicación de tratamientos pregerminativos de humedecimiento-deseccación a semillas de *Macroptilium atropurpureum* (Moc & Sessé) Urb. Tesis de Diploma, Univ. de La Habana, Cuba.
- ROBERTS, E.H. 1963. An investigation of inter-varietal differences in dormancy and viability of rice seeds. Ann. Bot. 27:365-369.
- SANCHEZ, J.A.; CALVO, E.; ORTA, R.; MUNOZ, B. 1997. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación para semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.). Acta Botánica Mexicana. 38:13-20.
- SANCHEZ, J.A.; CALVO, E.; MUNOZ, B.; ORTA, R. (s.a). Comparación de dos técnicas de acondicionamiento de semillas. Efectos sobre la conducta germinativa del tomate, pimiento y pepino. Cultivos Tropicales.
- SHIFRISS, O.; GEORGE, W.L. 1965. Delayed germination and flowering in cucumbers. Nature 206:424-425.
- SZAFIROWSKA, A.; KHAN, A.A.; PECK, N.H. 1981. Osmo-conditioning of carrot to improve seedling establishment and yield in cold soil. Agron. J. 73:845-848.
- WARD, F.H.; POWELL, A.A. 1983. Evidence for repair processes in onion seeds during storage at high seed moisture contents. J. Expet. Bot. 34:277-82.
- WATSON, D.J. 1952. The physiological basis of variation in yield. Adv Agron. 4:101-145.
- WATTS, V.M. 1938. Rest period in cucumber seeds. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 36:652-654.
- WELBAUM, G.E.; BRADFORD, K.J. 1991. Water relations of seed developemnt and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.). VI. Influence of priming on germination responses to temperature and water potential during seed developemnt. J. Exp. Bot. 42:393-399.