

Agrupamiento del comportamiento reproductivo del pepino procedente de semillas acondicionadas y robustecidas mediante análisis multivariado*

Jorge A. SÁNCHEZ** y Bárbara C. MUÑOZ**

ABSTRACT. The effects of hydration-dehydration treatments on the germination, establishment and yields of two cucumber varieties cultivated in Cuba was evaluated. The obtained results were processed by means of principal components analysis. The plants coming from seed priming and hardening by means of two or three cycles of partial hydrate, respectively, they showed a reproductive behavior very different to the production control, in what concerns fundamentally to germinative parameters, production and of relative biomass of vegetative structures. It also determined that the germination rate is positively correlated with the dry weight of the plants, yield and relative biomass of fruit.

KEY WORDS. *Cucumis sativus*, cucumber, seeds, hydration-dehydration treatments, principal components analysis.

INTRODUCCIÓN

Los tratamientos pregerminativos de hidratación-parcial desecación de las semillas conocidos internacionalmente como acondicionadores y robustecedores (Henckel, 1982; Khan, 1992) mejoraran el comportamiento agronómico de los cultivos fundamentalmente en los aspectos relacionados con la germinación, el establecimiento y la tolerancia de las plantas bajo condiciones ecológicas adversas (calor, sequía y salinidad).

Estos procedimientos en semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivadas en Cuba han logrado eliminar dormancia embrionaria, acelerar y sincronizar la germinación, incrementar el establecimiento y la producción de frutos (Sánchez *et al.*, 1997; 1999). Sin embargo, el comportamiento integral de las plantas procedentes o no de estos tratamientos no ha quedado bien dilucidado mediante las técnicas estadísticas aplicadas (análisis de varianzas y pruebas de comparación de medias *a posteriori*), debido a que éstas pruebas univariadas brindan información acerca de la variable analiza y no de los datos en su conjunto, que representa esto último el verdadero funcionamiento de las plantas.

De lo anteriormente señalado se evidencia que no es adecuado llevar a cabo una serie de análisis estadísticos univariados para cada una de las variables estudiadas, ya que podría ignorarse las correlaciones entre éstas, llegando incluso a falsear los resultados (Linares *et al.*, 1986). Por el contrario, el análisis multivariado puede demostrar las relaciones de las variables, su importancia dentro de un conjunto de datos, examinar el agrupamiento de los individuos en un espacio n-dimensional, e identificar individuos atípicos, etc. (Pielou, 1986; Fariñas, 1996), por consiguiente brindan una información más objetiva del fenómeno en estudio.

La técnica de análisis de componentes principales es un método matemático muy elegante, que cuando se aplica siguiendo las premisas de las pruebas paramétricas puede considerarse muy objetivo sus resultados. En el presente trabajo se aplicó dicha técnica a un conjunto de datos reproductivos obtenidos de plantas de pepinos

provenientes de semillas acondicionadas o robustecidas previo a la siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados se obtuvieron de experimentos realizados en condiciones de laboratorio y en macetas, este último bajo cielo abierto, con semillas frescas de dos variedades de pepino cultivadas en Cuba (Hatuey-1 y Japonés), y durante los primeros días del mes de Noviembre de 1995. Las semillas se hidrataron de acuerdo al modelo de imbibición parcial propuesto por Orta *et al.* (1998).

La dinámica de absorción de agua no difieren significativamente entre cultivares (Sánchez *et al.*, 1997), lo que nos 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, en condiciones de anoxia parcial, durante 27 hr (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 hr a 25 °C (tiempo necesario para alcanzar aproximadamente el peso fresco inicial de las semillas).

Los tratamientos aplicados fueron:

T1: semillas no tratadas o control

T2: un ciclo de hidratación-deshidratación

T3: dos ciclos de hidratación-deshidratación

T4: dos primeros ciclos de hidratación-deshidratación, seguidos de un ciclo de hidratación aeróbica a 25 °C durante 12 hr (tiempo en que se alcanzó la completa imbibición de las semillas, dos horas antes del inicio de la germinación), y deshidratación durante 48 hr previo a la siembra.

Por el nivel de humedad que alcanzaron las semillas con los tratamientos T2 y T3 pueden considerarse como acondicionadas y en el caso del tratamiento T4 como robustecidas; por tanto, se llamarán indistintamente.

En el estudio realizado por Sánchez *et al.* (1999) se determinaron 23 variables relacionadas con la germinación, el establecimiento, la floración y la

*Manuscrito aprobado en Octubre de 1999.

**Instituto de Ecología y Sistemática, A.P. 8029, C.P. 10800, La Habana, Cuba.

fructificación del pepino. Sin embargo, para el presente trabajo sólo se utilizaron seis variables; aquellas que resultaron ser altamente significativas entre tratamientos, con el objetivo de eliminar caracteres redundantes y con bajo contribución en el ensayo.

La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Bartlett. Los datos se procesaron mediante análisis de componentes principales para determinar las correlaciones que se establecen entre las variables, y la interrelación y agrupamiento que existen entre las plantas procedentes de semillas tratadas o no. Para ello, se utilizaron los valores individuales de cada muestra o replica por tratamiento.

Las variables que se utilizaron para realizar los análisis de componentes principales fueron las siguientes: porcentaje de germinación final (%GF), velocidad de germinación (VG), peso seco total de las plantas, después de 15 días de sembradas (PSP), rendimiento (REND), biomasa relativa de frutos (BRF), y biomasa relativa de las estructuras vegetativas (BREV). Los datos de VG empleados en el análisis de componentes principales representan el inverso de esta variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambas variedades de pepino, todas las variables reproductivas analizadas jugaron un papel significativo ($P \leq 0.05$), según el círculo de correlación propuesto por Fariñas (1996), en el espacio bidimensional definido por los primeros componentes principales que explican, entre los dos, más de 75% de la variación total de los datos (Fig. 1 y Tabla 1). Además, se puede apreciar que la VG, el PSP, el REND y la BRF están correlacionadas positivamente entre sí y negativamente con el primer eje (F1), y con la BREV. Esta última variable está correlacionada positivamente con el primer eje. El %GF está correlacionado positivamente con el segundo eje (F2) y con la VG y el PSP y es independiente a la BREV, el REND y la BRF.

Al mismo tiempo se aprecia (Fig. 1 y Tabla 1) que las variables que más contribuyeron a la formación del primer componente en la variedad Hatuey-1 fué la VG y la BREV y en el segundo componente el %GF. Similar comportamiento ocurre en la variedad Japonés, solo, que en el primer componente el REND desplaza la BREV; lo que demuestra, que dichas variables son las que mayor variabilidad o plasticidad fenotípica presentaron al ser tratadas las semillas, y por lo tanto, son los que definirán los grupos en el plano ordenamiento bidimensional.

La distancia geométrica entre los individuos puede considerarse como una medida de semejanza en el comportamiento reproductivo de las plantas. Tres tipos de configuraciones espaciales (Fig. 1) parecen predominar en el análisis realizado para cada variedad.

En la variedad Hatuey-1 (Fig. 1A), las plantas procedentes de los tratamientos T3 y T4 (semillas

acondicionadas o robustecidas con dos o tres ciclos de hidratación-deshidratación, respectivamente) tienden a segregarse en regiones muy cercanas del espacio de ordenamiento, en el sentido que aumenta y se obtienen los valores máximos para el VG, el PSP, el REND y la BRF (Tabla 2). En cambio, los individuos procedentes de los tratamientos T1 y T2 (semillas no tratadas y acondicionadas mediante un ciclo de hidratación-deshidratación) se ubican en planos diferentes entre sí y con relación a los individuos de los tratamientos T3 y T4. Lo cual sugiere, que los tratamientos pregerminativos aplicados inducen comportamientos reproductivos diferentes en las plantas.

Las plantas procedentes del tratamiento T1 se agrupan en el sentido en que aumenta la BREV y disminuyen las demás variables analizadas, y las plantas procedentes del tratamiento T2 se agrupan en la dirección en que aumenta el %GF, pero ocupa una posición intermedia con relación a los valores que los individuos obtuvieron para el resto de las variables estudiadas.

En la variedad Japonés (Fig. 1B) se observa en general, un ordenamiento muy similar al anterior. Sólo cambia, en que las plantas procedentes del tratamiento T4 se segregan en regiones muy cercanas del espacio que ocupan los individuos procedentes del tratamiento T2, donde se alcanzan valores máximos para el %GF e intermedios para la VG, el PSP, el REND, la BRF, y la BREV (Tabla 2). Las plantas resultantes de los tratamientos T1 y T3 se ubican en regiones opuestas del espacio de ordenamiento. Esto se debe fundamentalmente a que, con el tratamiento T3, las plantas obtuvieron los valores máximos para la VG, el PSP, el REND, la BRF, y mínimos para la BREV, en contraposición a lo que sucede con las plantas resultantes del tratamiento T1 (control); que asignan mayor energía relativa a la producción de estructuras vegetativas, en detrimento a las reproductivas.

En conclusión se apreció que, las plantas resultantes del tratamiento T3, en ambas variedades de pepino, presentaron un comportamiento reproductivo muy diferente al de las plantas procedentes de los tratamientos T1 y T2, y muy similar a las plantas precedentes del tratamiento T4 en la variedad Hatuey-1, pero no en la variedad Japonés, en lo que respecta fundamentalmente a parámetros germinativos, de producción de frutos y de biomasa relativa de estructuras vegetativas. Resultados similares obtuvieron Khan *et al.* (1983) y Orta *et al.* (1993) en el cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) y del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill); lo cual, evidencia la efectividad de la ecotecnología aplicada para mejorar el comportamiento reproductivo de los cultivos, sin la aplicación aditivos químicos para la inmersión de las semillas. Por su parte, la prueba estadística empleada permitió determinar perfectamente el agrupamiento de las plantas de acuerdo a la procedencia de los tratamientos y las relaciones que se establecen entre las variables.

Agradecimientos. Los autores agradecen al profesor Mario Fariñas de la Universidad de Los Andes, Facultad

de Ciencias, Mérida, Venezuela por brindarnos sus conocimientos acerca de la aplicación e interpretación de los métodos de análisis multivariados, los cuales nos fueron muy útiles en la realización del presente trabajo y en nuestro desarrollo profesional.

REFERENCIAS

- Fariñas, M. R. 1996. Análisis de la vegetación y sus relaciones con el ambiente mediante métodos de ordenamiento. Centro de Investigación Ecológicas de los Andes, Venezuela. [Inédito].
- Henckel, P. A. 1982. Fisiología de la resistencia de las plantas al calor y a la sequía [en ruso]. Nauka, Moscú. 280 p.
- Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 14: 131-181.
- Khan, A. A., N. H. Peck, A. G. Talor, y C. Samimy. 1983. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in cold soil. *Agron. J.*, 75: 788-794.
- Linares, G., L. Acosta y V. Sistachs. 1986. Estadística multivariada. Universidad de La Habana, Facultad de Matemática Cibernética. Unidad Administrativa Santiago Establecimiento Imprenta, 320 pp.
- Orta, R., J. A. Sánchez, B. Muñoz, y E. Calvo. 1998: Modelo de hidratación parcial en agua para tratamientos revigorizadores, acondicionadores y robustecedores de semillas. *Acta Botánica Cubana*. 121: 1-8.
- 1993. Tratamientos acondicionadores y robustecedores en semillas y su efecto sobre el comportamiento reproductivo de las plantas. I. Siembra temprana del tomate. En: Resúmenes del IV Simposio de Botánica, Editora Palacio de la Convenciones. La Habana, Cuba, 319 p.
- Pielou, E. 1984. The Interpretation of Ecological Data: A Primer in Classification and Ordenation. Wiley. N.Y., 122 pp.
- Sánchez, J. A., E. Calvo, R. Orta y B. Muñoz. 1997. Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación para semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.) *Acta Botánica Mexicana*, 38: 13-20.
- Sánchez, J. A., E. Calvo, B. Muñoz y R. Orta. 1999. Efecto de los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación sobre la germinación, establecimiento, floración y fructificación del pepino. *Agronomía Costarricense*, 23(2):193-204.

Tabla 1. Valores propios y correlaciones entre las variables reproductivas analizadas en pepino y los tres primeros componentes. (A) variedad Hatuey-1 y (B) variedad Japonés. Símbolos: *** $P \leq 0.001$; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; n.s., no significativo.

A

Componentes principales			
Varianzas en los ejes	C1	C2	C3
Valor propio	3.58	1.19	0.67
Varianza explicada (%)	59.4	19.8	11.2
Varianza acumulada (%)	59.4	79.2	90.4
Correlaciones			
Germinación final	-0.40 n.s	0.84 **	-0.11 n.s
Velocidad de germinación	-0.95 ***	0.09 n.s	0.11 n.s
Peso seco plántulas	-0.90 ***	0.22 n.s	0.06 n.s
Rendimiento	-0.59 **	-0.35 n.s	-0.71 *
Biomasa relativa de fruto	-0.67 **	-0.48 *	0.33 n.s
Biomasa relativa de estructuras vegetativas	0.93 **	0.14 n.s	-0.06 n.s

B

Componentes principales			
Varianzas en los ejes	C1	C2	C3
Valor propio	4.75	0.68	0.36
Varianza explicada (%)	79.2	11.4	5.9
Varianza acumulada (%)	79.2	90.6	96.4
Correlaciones			
Germinación final	-0.64 *	0.75 **	-0.13 n.s
Velocidad de germinación	-0.97 ***	0.05 n.s	0.08 n.s
Peso seco total plantas	-0.80 **	0.05 n.s	0.42 *
Rendimiento	-0.94 ***	-0.17 n.s	0.15 n.s
Biomasa relativa de fruto	-0.90 ***	-0.20 n.s	-0.30 n.s
Biomasa relativa de estructuras vegetativas	0.90 ***	0.19 n.s	0.19 n.s

Tabla 2. Variables reproductivas, en plantas de dos variedades de pepino, según los tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación. Símbolos EE (error estándar de las medias). *T1= control, T2= 1 ciclo de hidratación-deshidratación, T3= 2 ciclos de hidratación-deshidratación, T4= 2 ciclos de hidratación-deshidratación + 1 ciclo aeróbico

Tratamientos*	Porcentaje germinación final	Velocidad de germinación	Peso seco plántulas	Rendimiento	Biomasa relativa fruto	Biomasa relativa estructura vegetativa
Variedad Hatuey						
T1	68.0	3.26	0.13	490.2	34.6	65.3
T2	96.8	1.20	0.19	451.7	36.7	63.9
T3	88.4	0.71	0.22	1011.6	48.3	51.7
T4	88.0	0.65	0.22	565.2	44.8	55.2
EE (±)	6.1	0.72	0.02	125.9	5.2	3.5
Variedad Japonés						
T1	81.6	2.04	0.09	250.4	32.0	67.7
T2	94.6	1.00	0.16	316.3	36.7	64.2
T3	92.0	0.58	0.23	497.5	49.1	50.3
T4	90.8	0.72	0.21	390.0	40.0	60.3
EE (±)	2.8	0.33	0.03	53.0	3.6	3.7

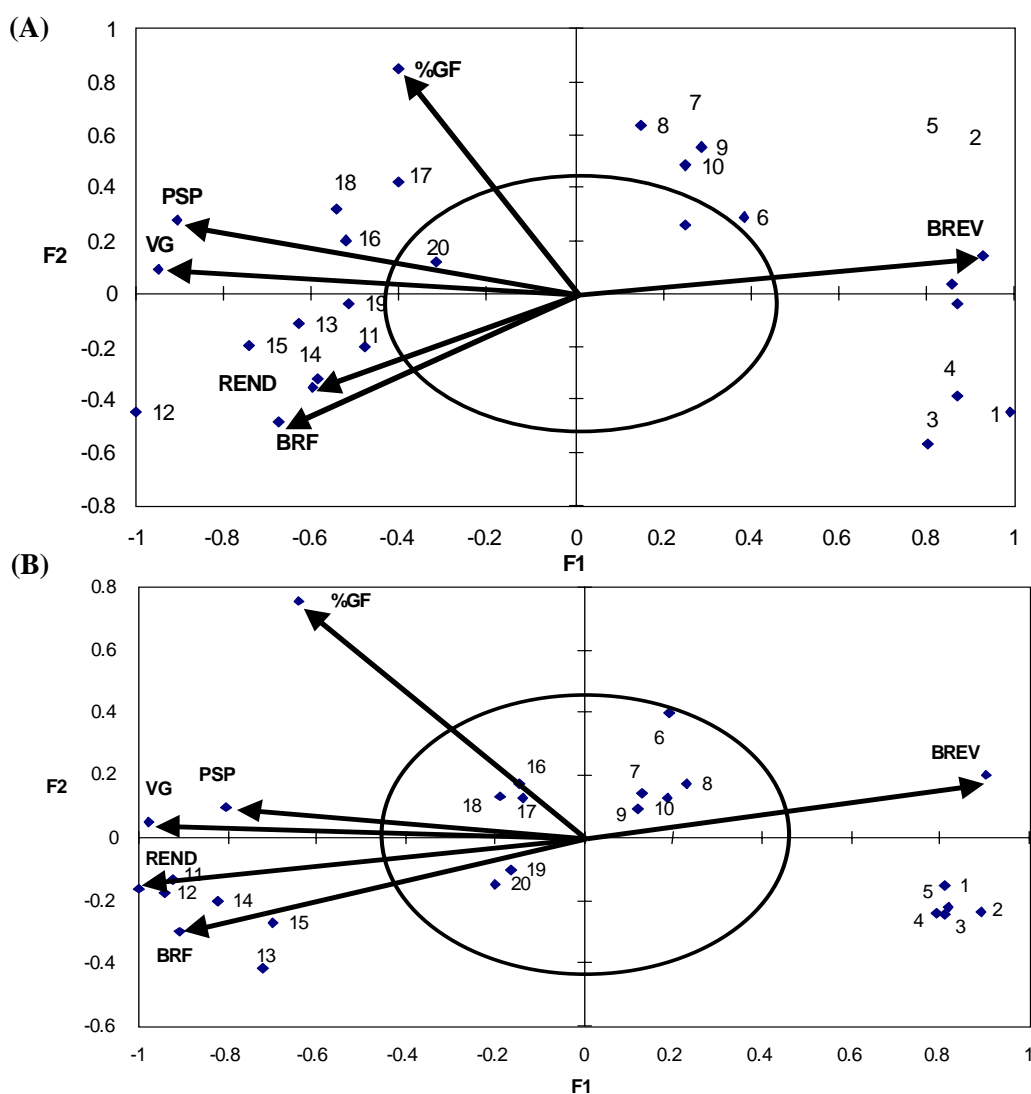


Fig. 1. Gráfico dual de los individuos y las variables. El vector correspondiente a cada variable indica la dirección en que esta aumenta y el círculo de correlación señala el valor a partir del cual las variables tienen correlaciones significativas ($P \leq 0.05$). Los individuos del 1 al 5 proceden del tratamiento T1 o control, del 6 al 10 proceden del tratamiento T2, del 11 al 15 proceden del tratamiento T3 y los individuos del 16 al 20 proceden del tratamiento T4. El significado de las variables aparece en el texto. (A) variedad Hatuey-1 y (B) variedad Japonés.