

DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES MÁS IMPORTANTES, HEREDABILIDAD Y CORRELACIONES FENOTÍPICAS, EN LA PRODUCCIÓN DE BULBOS DE CEBOLLA (*Allium cepa*, L.)

E. Lescay[✉] y C. Moya

ABSTRACT. With the purpose to determine the most important variables in onion bulb production, estimate the heritability in each of them and evaluate phenotypical correlations among them, four onion varieties were studied for three years in the Niquero Multiple Crops Enterprise and the Territorial Station pertaining to the Agriculture Research of Holguín, on an Eutric Loose Red Ferralitic soil and a non-Carbonate Loose Brown soil. Sowing was direct in double-row furrows with a frame of 0.90 m between them, 0.20 m between rows and 0.07 m between plants. A Randomized block design with four replications was used. Results showed that commercial yield, bulb weight, total yield, first-class bulbs and leaf number per plant were the most contributing variables to total phenotypical variance. Bulb weight and leaf number per plant obtained the highest positive and significant regression coefficients with bulb yield and showed a high heritability with values of 62 and 86 %, respectively.

Key words: onion, agronomic characteristics, heritability, yield

RESUMEN. Con el propósito de determinar las variables más importantes en la producción de bulbos de cebolla, estimar la heredabilidad en cada una de ellas y evaluar las correlaciones fenotípicas entre estas, se estudiaron cuatro variedades de cebolla, durante tres años en la Empresa de Cultivos Varios Niquero y en la Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de Holguín, sobre los suelos Ferralítico Rojo Mullido Éutrico y Pardo Mullido sin Carbonatos, respectivamente. La siembra fue directa en surcos a doble hilera con un marco de 0.90 m entre surcos, 0.20 m entre hileras y 0.07 m entre plantas. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Los resultados mostraron que las variables que tuvieron mayor contribución a la varianza fenotípica total fueron: rendimiento comercial, masa del bulbo, rendimiento total, bulbos de primera, número de hojas por planta y número de túnicas por bulbo. La masa del bulbo y el número de hojas por planta lograron los mayores coeficientes de regresión positivos y significativos con el rendimiento de bulbos y expresaron alta heredabilidad con valores de 62 y 86 %, respectivamente.

Palabras clave: cebolla, características agronómicas, rendimiento

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los estudios exploratorios, los investigadores coleccionan observaciones sobre un gran número de variables, sin saber inicialmente a ciencia cierta cuáles son las más importantes o más útiles para su trabajo científico. De hecho, el investigador trata de incluir todas las variables que sospecha que pueden tener alguna conexión con el tema. Su próximo paso es reducir estos datos, o sea, trabajar con menos variables, para hacer menos engorrosos los cálculos y facilitar la interpretación de los resultados experimentales (1).

Generalmente, los programas de mejoramiento genético tienen como finalidad obtener cultivares apropiados para un conjunto de caracteres; por eso, el conocimiento de la naturaleza y magnitud de las correlaciones entre caracteres de interés es de fundamental importancia (2).

Las relaciones son, en general, evaluadas por medio de correlaciones genotípicas, fenotípicas y ambientales. Las correlaciones fenotípicas son estimadas directamente de las medidas fenotípicas, las cuales son el resultado de causas genéticas y ambientales (3).

Estudios realizados en diferentes condiciones ecológicas y distintas variedades han permitido identificar diversos tipos de correlaciones entre múltiples características en el cultivo de la cebolla (3).

Los programas de mejoramiento genético de cebolla deben basarse en caracteres correlacionados con la producción, que presenten alta heredabilidad (4).

La heredabilidad indica la probabilidad de que un carácter se transmita a la siguiente generación y refleja

Dr.C. E. Lescay, Investigador Auxiliar del Grupo de Genética y Fisiología Vegetal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", carretera Bayamo a Manzanillo km 16½, Gaveta Postal 2140, Bayamo 85 100, Granma; Dr.C. C. Moya, Investigador Titular del Departamento de Genética y Mejoramiento de Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, CP. 32 700, La Habana, Cuba.

✉ elescay@dimitrov.inf.cu

el porcentaje de varianza genética aditiva en la variación fenotípica total, es decir, si el carácter se expresará o si será transmitido a la progenie. Si la heredabilidad es alta hay mayor eficacia para la selección del carácter. Sin embargo, si es baja, los factores ambientales son la causa de la mayor parte de la variación y, por consiguiente, el beneficio genético esperado por selección será limitado o nulo (5).

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar las variables más importantes, la heredabilidad y las correlaciones fenotípicas en la producción de bulbos de cebolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante tres años consecutivos se evaluó la producción de bulbos en las variedades de cebolla: Jagua 9-72, Caribe 71, Creole Sintética y Red Creole, en la Empresa de Cultivos Varios Niquero y en la Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de Holguín, sobre los suelos Ferralítico Rojo Mullido Éutrico y Pardo Mullido sin Carbonatos, respectivamente (6).

La siembra fue directa en surcos a doble hilera con un marco de 0.90 m entre surcos, 0.20 m entre hileras y 0.07 m entre plantas. Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. Cada parcela contó con cinco surcos de 5.0 m de largo y 4.5 m de ancho para un área total de 22,5 m². El área de cálculo de cada parcela fue de 10,8 m², la cual se basó en los tres surcos centrales, desechándose en el momento de la cosecha 0.50 m en los extremos, para evitar el efecto de borde.

Las atenciones culturales se desarrollaron según las indicaciones del Instructivo técnico para el cultivo de la cebolla (7). *Variables evaluadas.* Se evaluaron la altura de la planta (cm), número de hojas por planta, diámetro del falso tallo (cm), número de escamas por bulbo, número de túnicas por bulbo, masa promedio de los bulbos (g), diámetro de los bulbos (cm), bulbos de primera (%), bulbos de segunda (%), bulbos no comerciales (%), bulbos divididos (%), rendimiento total de bulbos (t.ha⁻¹) y rendimiento comercial (t.ha⁻¹). Las tres primeras se evaluaron a los 90 días después de la siembra y el resto se realizó después de la cosecha, la cual se efectuó a los 130 días después de la siembra en las cuatro variedades por presentar ciclos similares. Se tuvieron en cuenta los descriptores establecidos por el IPGRI, ECP/GR, AVRDC (8).

Los datos obtenidos en los experimentos fueron procesados mediante el paquete estadístico Statistica (9). La distribución normal de los datos se comprobó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Las variables bulbos de primera y bulbos de segunda no se distribuían normalmente, por lo que fueron transformadas mediante la función arcoseno de vx.

Se realizó un análisis de Componentes Principales sobre la base de una matriz de correlaciones, para determinar las variables de mayor contribución a la variabilidad total. Luego se realizó un análisis de varianza factorial de

efectos aleatorios, para la descomposición de la varianza en sus diferentes componentes y sobre la base de estos estimar la heredabilidad en sentido ancho mediante la expresión: varianza genética (VG) entre la varianza fenotípica total (VP). También se efectuó un análisis de correlaciones fenotípicas para conocer las variables de mayor peso en el comportamiento del rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes principales. Los resultados del análisis de componentes principales demuestran que las variables morfoagronómicas más importantes fueron: masa de los bulbos, rendimiento total, rendimiento comercial, bulbos de primera, número de hojas por planta y número de túnicas por bulbo (Tabla I). Las cuatro primeras caracterizaron la componente C1, la cual extrajo un 60.7 % de la variación existente y las dos últimas caracterizaron la componente C2 que explicó un 25.7 %; ambas explicaron el 86.4 % de la variabilidad total. En las dos componentes las variables de mayor contribución se correlacionaron positivamente. Las variables mencionadas representan el 30.3 % del total de variables evaluadas, el 69.7 % solo explicaron el 13.6 % de la variabilidad total; por tanto, estas últimas fueron excluidas de este estudio por su bajo aporte.

Tabla I. Análisis de componentes principales

Ejes principales	C1	C2
Valores propios	6.26	2.65
Contribución a la variación total	60.7	25.7
% acumulado	60.7	86.4
Vectores propios		
Altura de las plantas	-0.1217	0.6265
Número de hojas por planta	0.3817	0.8053*
Diámetro del falso tallo	0.0674	-0.2551
Número de escamas por bulbo	0.5678	0.5384
Número de túnicas por bulbo	0.2356	0.7152*
Diámetro del bulbo	0.0381	0.6742
Masa del bulbo	0.8842*	0.2143
Rendimiento total	0.8774*	0.2403
Rendimiento comercial	0.9340*	0.1734
Bulbos de primera	0.8614*	-0.2684
Bulbos de segunda	-0.0099	0.3242
Bulbos no comerciales	-0.1340	0.0629
Bulbos divididos	-0.6900	0.4165

Las componentes principales indican en qué forma e importancia las variables participan en la formación de las combinaciones lineales, por lo que se pueden usar para descartar variables en un problema determinado (10). Trabajos similares han sido desarrollados en Brasil, donde se evaluaron 51 cultivares de frijol y se definieron 25 variables con la categoría de importantes de 40 evaluadas (11), y también se identificaron 21 caracteres de importancia en Cucurbita ssp (12).

Componentes de la varianza y su contribución a la varianza fenotípica total. Al efectuarse la descomposición de la varianza fenotípica total (Tabla II), se aprecia que la ma-

por varianza observada en el rendimiento total se debió al efecto de los años, mientras que en el rendimiento comercial y número de tunicas por bulbo, la mayor contribución estuvo dada por la interacción localidad x año. El factor localidad fue el responsable de la mayor contribución en los bulbos de primera. Esto indica que en el comportamiento de estas variables estuvo presente una gran influencia ambiental. Lo contrario sucedió en el comportamiento de la masa de los bulbos y en el número de hojas por planta, donde el mayor porcentaje de la variabilidad total fue responsabilidad de la dotación genética de las variedades, o sea, que estas dos últimas variables fueron las menos afectadas por el ambiente, con heredabilidades en sentido ancho de 74.79 y 86.92 %, respectivamente. Valores superiores al 50 % se consideran caracteres de alta heredabilidad, lo cual hace más fácil mejorarlos genéticamente (13). En cambio, si la heredabilidad es baja, los factores ambientales son la causa de la mayor parte de la variación y, por consiguiente, el beneficio genético esperado por selección será limitado o nulo (5).

Tabla II. Estimado de los componentes de la varianza y su contribución (%) a la variación fenotípica total

Varianza	RT	%	RC	%	MB	%
σ^2_V	0.8237	4.43	1.8397	11.95	154.1505	74.79
σ^2_L	0.6266	3.37	0	0	0	0
σ^2_{\square}	7.8219	42.07	1.0637	6.91	3.6497	1.77
σ^2_{VL}	0	0	1.0142	6.59	0	0
σ^2_{VA}	1.4364	7.73	1.1984	7.78	0.3995	0.94
σ^2_{LA}	1.5105	8.12	6.9205	44.94	0	0
σ^2_{VLA}	5.5825	30.02	3.2077	20.83	33.9808	16.49
σ^2_e	0.7920	4.26	0.1563	1.01	13.9376	6.76
h^2_a	0.0443		0.1195		0.7479	

Varianza	BP	%	NHP	%	NTB	%
σ^2_V	0.0264	0.41	18.5214	86.92	0.2538	1.77
σ^2_L	3.1311	48.29	0	0	0	0
σ^2_{\square}	0	0	0	0	0	0
σ^2_{VL}	0.4564	7.04	0.2132	1.00	0.3930	2.75
σ^2_{VA}	0.1780	2.74	0.0602	0.28	0.3837	2.68
σ^2_{LA}	1.5998	24.67	1.5056	7.07	11.2162	78.40
σ^2_{VLA}	0.2697	4.16	0.6210	2.91	1.0113	7.07
σ^2_e	0.8232	12.69	0.3849	1.81	1.0479	7.32
h^2_a	0.0041		0.8692		0.0177	

RT: Rendimiento total, RC: Rendimiento comercial, MB: Masa del bulbo, BP: Bulbos de primera, NHP: Número de hojas por planta, NTB: Número de tunicas por bulbo, h^2_a : Heredabilidad en sentido amplio

El número de hojas por planta es una variable confiable como índice de selección en la identificación del potencial de rendimiento de ecotipos individuales (14).

Esto explica que la masa de los bulbos y el número de hojas por planta pudieran ser utilizados como criterios de selección en programas de mejora en estas variedades, en condiciones similares donde se desarrolló la experiencia, pues se ha señalado que la heredabilidad de un rasgo en una población (15), no da información sobre lo que ocurre en otras poblaciones sometidas a diferentes circunstancias, ni sobre lo que ocurriría en esa misma población tras una modificación del entorno.

La heredabilidad no es una propiedad del carácter únicamente, también lo es de la población y las condiciones ambientales a las que estén sujetos los individuos (13). *Correlaciones fenotípicas entre las variables evaluadas.* Siempre que la interacción genotipo-ambiente resulte significativa, las variables mostrarán respuestas diferentes en los ambientes evaluados; por ello, se realizó un análisis de correlaciones entre las variables estudiadas por localidad, para ofrecer un mayor sentido práctico. En la Tabla III se presenta la matriz de correlaciones entre las variables objeto de estudio. Nótese cómo en la Empresa de Cultivos Varios Niquero (ECVN), el 60.0 % de los coeficientes mostraron significación estadística y se observa que tanto el rendimiento total como el comercial mostraron altos coeficientes de correlación positivos y significativos con la masa del bulbo y el número de hojas por planta, apreciándose además una alta asociación positiva entre estas dos últimas variables. También se aprecian correlaciones significativamente positivas entre las variables rendimiento comercial y bulbos de primera, masa del bulbo y número de tunicas por bulbo y entre esta última y el número de hojas por planta, pero con valores bajos respecto a los señalados anteriormente.

Tabla III. Matriz de correlaciones entre las variables evaluadas

	RT	RC	MB	BP	NHP
Empresa Cultivos Varios Niquero					
RT	1.00				
RC	0.96*	1.00			
MB	0.92*	0.89*	1.00		
BP	0.57	0.72*	0.54	1.00	
NHP	0.84*	0.83*	0.92*	0.43	1.00
NTB	0.50	0.33	0.59*	-0.31	0.65
Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de Holguín					
RT	1.00				
RC	0.99*	1.00			
MB	0.99*	0.99*	1.00		
BP	0.49	0.60*	0.53	1.00	
NHP	0.81*	0.80*	0.78*	0.51	1.00
NTB	0.85*	0.85*	0.87*	0.46	0.79*

NHP: número de hojas/planta, NTB: número de tunicas/bulbo
MB: masa del bulbo, RT: rendimiento total, RC: rendimiento comercial, BP: bulbos de primera

En la Estación Territorial de Investigaciones Agropecuarias de Holguín (ETIAH), el 73.3 % de los coeficientes fueron significativos, notándose una alta asociación significativamente positiva del rendimiento total con el comercial, la masa del bulbo, el número de hojas por planta y número de tunicas por bulbo; se observan, además, altos coeficientes de correlación significativos y positivos entre el rendimiento comercial y las tres últimas variables mencionadas anteriormente. También se aprecia una alta relación positiva entre el número de hojas por planta y el número de tunicas por bulbo, y entre estas y la masa del bulbo.

Se observa que, en las dos localidades, la masa del bulbo y el número de hojas por planta mostraron una alta relación con el rendimiento de bulbos, al igual que el nú-

mero de túnicas en la ETIAH. Sin embargo, las dos primeras mostraron valores altos de heredabilidad, mientras que en la última la heredabilidad fue muy baja (Tabla II). Estos resultados entre los caracteres observados indican que el rendimiento de bulbos puede ser aumentado utilizando como criterio de selección la masa de los bulbos y el número de hojas por planta, pues la asociación entre el rendimiento y otras características de la planta pueden ser usadas para propósitos de mejoramiento (16).

CONCLUSIONES

- * Las variables que tuvieron mayor contribución a la varianza fenotípica total fueron: rendimiento comercial, masa del bulbo, rendimiento total, bulbos de primera, número de hojas por planta y número de túnicas por bulbo.
- * La masa del bulbo y el número de hojas por planta lograron los mayores coeficientes de correlación positivos y significativos con el rendimiento de bulbos y expresaron alta heredabilidad con valores de 62 y 86 %, respectivamente.

REFERENCIAS

1. Varela, M. Análisis multivariado de datos. Aplicación a las ciencias agrícolas. Matemática Aplicada. La Habana. INCA, 1998. 56 p.
2. Ferreira, M. A.; Quiroz, M. A.; Braz, L. T. y Vencousky, R. Correlaciones fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicacoes para o melhoramento genético. *Horticultura Brasileira*, 2003, vol. 21, no. 3, p. 170-175.
3. Shrivastava, R. K.; Verena, B. K.; Mehta, A. K. y Dwivedi, S. K. Correlation and multiple regression analysis of physiological parameters in onion (*Allium cepa*, L.). *Vegetable Science*, 1999, vol. 26, no. 2, p. 170-171.
4. Loges, V.; Lemos, M. A.; Resende, L. V.; Menezes, D.; Araujo, J. y Dos Santos, V. F. Correlacoes entre caracteres agronómicos asociados a resistencia a trips en cebola. *Hortic. Bras.*, 2004, vol. 22, no. 3, p. 370-373.
5. Dobzhansky, R. Reflexiones sobre la evolución, ciencia y el mundo en general. *Desarrollo*. 2004, p. 9-11.
6. Cuba. Minagri. Instituto de Suelos. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana. Agroinform. 1999. 64 p.
7. Cuba. Minagri. Instructivo técnico del cultivo de la cebolla. La Habana. Dirección Nacional de Cultivos Varios, 1983. 60 p.
8. IPGRI. Descriptores del *Allium* ssp. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Programa Europeo de Cooperación para las Redes de Recursos Genéticos de Cultivos (ECP/GR), Centro Asiático de Investigación y Desarrollo Vegetal, Taiwán. 2001.
9. Stat Soft. Statistica for windows [computer program manual] Julsa, ok: Stat Soft. 1998.
10. Ojeda, M. M. Análisis exploratorio de datos con énfasis multivariado y en el contexto de aplicaciones ecológicas. Veracruz. Universidad Veracruzana, 1999. 91 p.
11. Silva, L.; Ferreira, I.; Grandi, M. y Baptista, J. Divergencia genética entre cultivos locais e cultivares melhoradas de feijol. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2002, vol. 37, no. 9, p. 1275-1281.
12. Choer, E. E y Silva J. B. Avaliacao da divergencia genética entre accesos de Cucúrbita spp. a través de análise multivariada. *Agropecuaria de Clima Tropical*, 2000, vol. 3, no. 2, p. 213-219.
13. Ramírez, L. y Egaña, B. Guía de conceptos de genética cuantitativa. Universidad Pública de Navarra. 2003. 12 p.
14. Rajalingam, G. V. y Haripriya, K. Correlation and path coefficient analysis in onion (*Allium cepa*, L. var. *aggregatum* Don.). *Madras Agricultural Journal*, 2000, vol. 87, no. 7-9, p. 405-407.
15. Carmena, E. J. A vueltas con la heredabilidad. *Biología. Boletín para el Avance de la Ciencia y el Pensamiento Crítico*. 2002. 12 p.
16. Portela De Carvalho, C. G.; Arrabal, C. A.; Feraz J. F.; Fernández, M. y Valle, N. A. Correlaciones e analices de trilha em linhgenes de soja semeadas em diferentes épocas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 2002, vol. 37, no. 3, p. 311-320.

Recibido: 10 de noviembre de 2005

Aceptado: 23 de noviembre de 2006