

HEREDABILIDADES Y CORRELACIONES FENOTÍPICAS DEL RENDIMIENTO DE SEMILLAS Y DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE POBLACIONES DE FRIJOL DERIVADAS DE CRUCES ENTRE GENOTIPOS DETERMINADOS E INDETERMINADOS

M. Mateo Solano, J.S. Beaver, y F. Saladin García¹

INTRODUCCION

A pesar de que las condiciones climáticas y edáficas difieren inmensamente para el frijol cultivado en la República Dominicana, los agricultores tienden a utilizar el mismo grupo de cultivares para todos sus cultivos. Por lo tanto, para tener éxito, los cultivares de frijol deben estar en capacidad de producir rendimientos predecibles a través de un amplio rango de condiciones ambientales. Los resultados de los ensayos de campo llevados a cabo en fincas pequeñas y estaciones experimentales de la República Dominicana mostraron que los cultivares de frijol determinado, de semilla roja-moteada tienen rendimientos más bajos y menos predecibles que los genotipos indeterminados, de grano pequeño (2). En un intento por mejorar el nivel y la

¹Ex asistente de investigación y profesor asociado, respectivamente, Dep. de Agronomía y Suelos, Univ. de Puerto Rico, Campo Mayagómez, Mayagómez, Puerto Rico 00708 e investigador principal del Proyecto CRSP Frijol/Caupí, Secretaría de Estado de Agricultura, Santo Domingo, República Dominicana.

estabilidad del rendimiento del frijol en la República Dominicana, se inició un programa de fitomejoramiento para desarrollar genotipos de frijol erectos e indeterminados con un tamaño y características de grano aceptables para el consumidor dominicano. Los cruces entre los genotipos de grano grande, determinados y de grano pequeño, indeterminado, pueden resultar en enanos genéticos (5,10), que, probablemente, han desanimado a los fitomejoradores de frijol de hacer cruces amplios. Nienhaus y Singh (8) anotan que el diseño de procedimientos efectivos de selección para incrementar simultáneamente el rendimiento y el tamaño del grano depende del conocimiento de la herencia del rendimiento y sus componentes y también de un entendimiento de la fuerza y la estabilidad de las relaciones entre estos rasgos. Los objetivos de la investigación fueron: 1) determinar el potencial de rendimiento y describir los componentes del rendimiento de líneas F_3 indeterminadas derivadas de cruces entre genotipos de frijol de grano mediano a grande, determinados, y de grano pequeño, indeterminados, 2) determinar el efecto de la productividad del ambiente en la expresión de los componentes del rendimiento, 3) determinar la fuerza y la estabilidad de las relaciones de los componentes del rendimiento con el rendimiento, y 4) estimar las heredabilidades en el sentido estrecho del rendimiento de la semilla y sus componentes.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron en el estudio seis poblaciones de frijol derivadas de cruces entre genotipos de grano mediano a grande determinados y de grano pequeño indeterminados. Los genotipos de grano mediano a grande, determinados utilizados en el estudio fueron Pompadour checa, Jose Beta, 8241-168A, y Borinquen. Los genotipos de grano pequeño, indeterminados utilizados en el estudio fueron H-376, La Vega, y PAI 92. La generación F_2 de las poblaciones se sembró en bloques en el Centro de Investigación y Desarrollo Agrícola La Fortuna (CIDA), Juana Díaz, Puerto Rico el 20 de octubre de 1984. Las hileras fueron espaciaron 60 cm y el espacio entre plantas dentro de una hilera fue de aproximadamente 10 cm. A la madurez de cosecha, se seleccionaron al azar 50 plantas de cada bloque. Se midió el rendimiento de la semilla y sus componentes. El rendimiento de la semilla fue medido como peso de semillas por planta. El tamaño del grano fue medido como el peso de 100 granos. Se midió el número de vainas por planta. El número de semillas por vaina fue estimado dividiendo el número de semillas por planta por el número de vainas por planta.

Se sembró un total de 50 hileras de plantas F_3 de cada población el 22 de Febrero de 1985 en el CIDA la Fortuna y el 22 de marzo de 1985 en una pequeña finca en la parroquia de El Río, Constanza, República Dominicana. Se utilizó una repetición

el diseño de bloques (6). El experimento comprendió en 5 bloques con 3 repeticiones dentro de cada bloque. Cada repetición de un bloque incluyó de 10 líneas F_3 seleccionadas al azar de una población y los dos genotipos utilizados como los progenitores para crear la población. Las unidades experimentales consistieron de 10 semillas sembradas en hileras de 1 m de largo espaciadas 0.6 m. De cada hilera se seleccionaron dos plantas F_3 de los bordes con el mismo hábito de crecimiento del de la planta de la cual se derivaron. Se midió el rendimiento de la semilla y sus componentes utilizando los métodos descritos anteriormente.

Se determinó el rendimiento de la semilla y las medias de los componentes de rendimiento de las líneas indeterminadas F_3 y sus padres para cada población y localidad. Se compararon las medias de las líneas F_3 y de sus padres utilizando una prueba de t aproximada. Las correlaciones fenotípicas entre el rendimiento de la semilla y sus componentes fueron calculadas para cada población y localidad utilizando las medias de las líneas indeterminadas F_3 . Se estimaron las heredabilidades en sentido estrecho para cada población y localidad por medio de la regresión de medias de las líneas F_3 a las medidas individuales de las plantas F_2 . Las correlaciones de la clasificación de Spearman entre localidades fueron calculadas utilizando las medias F_3 .

RESULTADOS Y DISCUSION

El rendimiento de semilla por planta de las líneas indeterminadas F_3 fue generalmente significativamente menor que el rendimiento de semilla por planta de sus padres indeterminados (Cuadro 1). Las diferencias entre las medias de las líneas F_3 y las medias de los padres indeterminados fueron particularmente grandes en el ambiente de rendimiento bajo, Constanza. Estos resultados indican que puede ser necesaria la evaluación de poblaciones grandes para identificar las líneas F_3 con potencial de rendimiento similar al de los genotipos indeterminados utilizados como padres en este estudio. Además, puede ser imposible identificar líneas indeterminadas F_3 con un potencial de rendimiento adecuado desde el primer ciclo de selección. Kelly (7) encontró que la selección recurrente era efectiva en el desarrollo del frijol pinto erecto, indeterminado. Los valores de heredabilidad en sentido estrecho de moderados a bajos para el rendimiento de semilla indican que la selección individual de plantas por rendimiento de semilla en generaciones precoces no sería efectiva (Cuadro 2). La magnitud de las heredabilidades en sentido estrecho están de acuerdo con la investigación previa (4,8). Estos resultados sugieren que sería más efectivo para los fitomejoradores seleccionar sencillamente por rasgos altamente hereditables tales como tipo de semilla, hábito de crecimiento, madurez relativa, y

resistencia a enfermedades específicas en las generaciones tempranas. La selección por rendimiento de semilla podría ser más efectiva en ensayos de repetición en generaciones avanzadas.

El número de vainas por planta de las líneas F_3 fueron significantivamente menor que el de sus padres indeterminados en 4 de las 6 poblaciones en Constanza, el ambiente de bajo rendimiento (Cuadro 1).

Los estimados de heredabilidad en sentido estrecho para el número de vainas por planta fueron similares en magnitud a las heredabilidades en sentido estrecho para rendimiento de semilla (Cuadro 2). Tal como se encontró en investigaciones previas (3,4), el número de vainas por planta se correlacionó altamente con el rendimiento de semillas en ambas localidades (Cuadro 3).

El peso de 100 semillas de las líneas F_3 fue mayor en Constanza que en Juana Díaz (Cuadro 4). Esto se debe posiblemente a la falta de precipitación durante la floración y el establecimiento de vainas lo cual redujo el establecimiento de vainas por planta. Las plantas, sin embargo, fueron capaces de compensar las condiciones ambientales más favorables durante la última parte de la estación de cultivo produciendo granos más grandes (1). El peso de 100 semillas de las líneas indeterminadas F_3 fue significantivamente menor que el de sus padres determinados. Otra vez los resultados señalan la necesidad de evaluar poblaciones grandes para identificar líneas indeterminadas F_3 . En su esfuerzo por desarrollar frijoles

pinto erectos, indeterminados, Kelly (7) ha notado que los tipos de plantas deseables están asociados a menudo con granos pequeños. Las heredabilidades en sentido estrecho para el peso de 100 semillas tendió a ser de magnitud baja a intermedia en ambas localidades (Cuadro 5). Puesto que es una característica simple de medir, la selección por un grano más grande podría comenzar en las generaciones tempranas. Las correlaciones fenotípicas entre el tamaño de semilla y el rendimiento de la semilla fueron generalmente positivos o no significativos (Cuadro 3). La falta de correlaciones fenotípicas negativas entre el rendimiento de semilla y el peso de 100 semillas indica que la selección simultánea por un rendimiento de semilla y un tamaño mayor podría ser posible.

El número de semillas por vaina de las líneas F_2 tendió a ser intermedias entre sus padres determinados e indeterminados (Cuadro 4). Se observó poca diferencia entre las localidades para el número de semillas por vaina. Los estimados de heredabilidad en sentido estrecho para el número semillas por vaina fueron de bajos a intermedios (Cuadro 5). Solamente 2 de las 6 poblaciones presentaron correlaciones fenotípicas significativas entre el rendimiento de la semilla y el número de semillas por vaina en Juana Díaz (Cuadro 3). En Constanza, sin embargo, 5 de las 6 poblaciones tuvieron correlaciones significativas entre el número de semillas por vaina y el rendimiento de semilla. Un mayor número de semillas por vaina

pudo haber proporcionado una oportunidad para las plantas en Constanza de compensar parcialmente el reducido número de vainas por planta (1).

Las correlaciones de clasificación de Spearman entre las localidades de la Fortuna y Juana Díaz para rendimiento de semilla y sus componentes variaron entre las poblaciones (Cuadro 6). Estos resultados indican que debería desarrollarse un gran número de las diferentes poblaciones para poder identificar las poblaciones que producen las líneas que se comportan bien en ambientes contrastantes. Nienhaus y Singh (8) identificaron las poblaciones de frijol que tenían una habilidad combinatoria positiva general del rendimiento en más de un ambiente. Estos resultados también ilustran la necesidad de un ensayo multi-locacional de líneas avanzadas en los ambientes que son representativos de las regiones productoras de frijol en la República Dominicana. El peso de 100 semillas fue la única característica con correlaciones de clasificación significativas para todas las poblaciones. Esto indica que la selección por tamaño de semilla en una localidad sería efectiva para un amplio rango de condiciones ambientales.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de semillas y número de vainas por planta de los padres y de las poblaciones F_2 indeterminadas de seis poblaciones de frijol cultivadas en Constanza, República Dominicana, y Juana Díaz, Puerto Rico.

Población	Generación	Rendimiento de semilla		vainas por planta	
		Constanza	Juana Díaz	Constanza	Juana Díaz
		g/planta			
Pomp. checa X H-376	P_1 1/	9	16	8.0	17.1
	P_2	18	23	20.9	27.7
	F_3	12*	17*	11.9*	19.7*
Jose Beta X H-376	P_1	10	16	7.2	12.9
	P_2	19	21	22.3	24.6
	F_3	12*	17*	11.9*	18.0*
La Vega X Pomp. checa	P_1	9	17	7.5	16.9
	P_2	16	19	14.8	22.0
	F_3	10*	16	10.2*	19.6
La Vega X Jose Beta	P_1	8	16	6.1	11.2
	P_2	16	20	14.9	22.1
	F_3	13*	20	12.3*	20.6
8241-168A X PAI 92	P_1	7	18	5.8	14.3
	P_2	11	18	10.8	19.3
	F_3	10	14*	10.4	17.4
PAI 92 X Borinquen	P_1	5	20	4.7	14.7
	P_2	11	18	11.4	19.5
	F_3	11	20	11.0	20.7

1/ P_1 = padre determinado y P_2 = padre indeterminado.

* Significativamente diferente del padre indeterminado al nivel de 0.05.

0.05 de probabilidad.

de la semilla y el número de vainas por planta. Las heredabilidades fueron estimadas usando regresiones padre-hijo de plantas indeterminadas F₂ y F₃ de seis poblaciones de frijol cultivadas en Constanza, República Dominicana, y Juana Díaz, Puerto Rico.

Poblacion	Rendimiento de semilla		Número de vainas por planta	
	Constanza	Juana Díaz	Constanza	Juana Díaz
	-g/plant-			
Pomp. checa X 4-376	0.30	0	0.57	0.44
Jose Beta X 4-376	0.37	0.60	0.63	0.13
La Vega X Pomp. checa	0.39	0.34	0.33	0.51
La Vega X Jose Beta	0.18	0.22	0	0.47
3241-168A X PAI 92	0.59	0	0.19	0.28
PAI 92 X Borinquen	0	0	0	0.19

planta, el peso de 100 semillas, el número de semillas por vaina, y el rendimiento de semillas. Las correlaciones fueron estimadas utilizando plantas F_3 de seis poblaciones de frijol cultivadas en Constanza, República Dominicana, y Juana Díaz, Puerto Rico.

Población	vainas por planta		Peso de 100 semillas		semillas por vaina	
	Const.	J. Díaz	Const.	J. Díaz	Const.	J. Díaz
P. checa X H-376	0.82** ^{1/}	0.77**	0.07	0.23	0.28*	0.46**
Jose Beta X H-376	0.69**	0.81**	0.14	0.11	0.17	0.23
La Vega X Pomp. checa	0.82**	0.85**	0.29	-0.05	0.47**	0.19
La Vega X Jose Beta	0.63**	0.79**	0.50**	-0.01	0.49**	0.01
B241-16BA X PAI 92	0.80**	0.85**	0.24	0.53**	0.50**	0.41**
PAI 92 X Borinquen	0.81**	0.86**	0.39*	0.11	0.42**	0.07

^{1/} *, ** Significativo a los niveles de probabilidad 0.05 y 0.01, respectivamente.

Cuadro 4. Peso promedio de 100 semillas y número de semillas por vaina de padres y poblaciones indeterminadas F_3 de seis poblaciones de frijol cultivadas en Constanza, República Dominicana, y Juana Díaz, Puerto Rico.

Población	Generación	Peso de 100 semillas		semillas por vaina	
		Constanza	Juana Diaz	Constanza	Juana Diaz
-9-					
omp. checa X -376	P ₁ ^{1/}	35.9	29.2	3.1	3.2
	P ₂	24.3	19.6	3.8	4.3
	F ₃	26.1#	22.2#	4.0	3.9*
ose Beta X -376	P ₁	48.4	41.0	2.9	3.1
	P ₂	20.9	19.8	4.6	4.3
	F ₃	29.7#	26.5#	3.6*	3.7
a Vega X omp. checa	P ₁	35.4	30.0	3.2	3.3
	P ₂	23.2	20.2	4.7	4.2
	F ₃	28.5#	24.5#	3.5*	3.4*
a Vega X ose Beta	P ₁	49.9	45.5	2.6	3.1
	P ₂	22.0	20.1	4.1	4.4
	F ₃	27.9#	25.5#	4.0	3.9*
1241-168A X AI 92	P ₁	37.1	32.4	3.4	3.8
	P ₂	23.7	21.7	4.1	4.3
	F ₃	27.0#	24.6#	3.5*	3.4*
AI 92 X Borinquen	P ₁	29.2	29.7	3.2	4.2
	P ₂	24.1	22.3	4.1	4.6
	F ₃	25.9#	23.7#	3.8	4.1*

1/ P_1 = padre determinado y P_2 = padre indeterminado.

Significativamente diferente del padre determinado al nivel 0.05 de probabilidad..

* Significativamente diferente del padre indeterminado al nivel 0.05 de probabilidad..

Cuadro 5. Heredabilidades en sentido estrecho para el peso de 100 semillas y el número de semillas por vaina. Las heredabilidades fueron estimadas usando regresiones padre-hijo de plantas indeterminadas F_2 y F_3 de seis poblaciones de frijol cultivadas en Constanza, República Dominicana, y Juana Díaz, Puerto Rico.

Población	Peso de 100 semillas		semillas por vaina	
	Constanza	Juana Diaz	Constanza	Juana Diaz
-9-				
Pomp. checa X 0.40 H-376	0.25	0.22	0.11	0.40
Jose Beta X H-376	0.37	0.45	0.23	0.24
La Vega X Pomp. checa	0.33	0.23	0.15	0.19
La Vega X Jose Beta	0.51	0.44	0.25	0.30
B241-168A X FAI 92	0.40	0.40	0.19	0.10
FAI 92 X Borinquen	0.33	0.20	0	0.64

Cuadro 6. Correlaciones de la clasificación de Spearman entre Constanza, República Dominicana, y Juana Díaz, Puerto Rico para promedios de familias F₂ para rendimiento de semilla, número de vainas por planta, peso de 100 semillas, y número de semillas por vaina.

Población	Rendimiento, de semilla	vainas por planta	Peso de 100 semillas	semillas por planta
Pomp. checa X 4-376	0.03	0.17	0.54**	0.14
Jose Beta X 4-376	0.32**	0.42**	0.53**	0.60**
La Vega X Pomp. checa	0.01	0.38**	0.74**	0.20
La Vega X Jose Beta	0.15	0.70**	0.68**	0.12
8241-168A X PAI 92	0.29*	0.10	0.37**	0.33**
PAI 92 X Borinquen	0.31*	0.07	0.37**	0.32**

*, ** Significativos a los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

REFERENCES

1. Adams, M.W. 1967. Basis of yield component compensation with special reference to the field bean (Phaseolus vulgaris L.). Crop Sci. 7:505-510.
2. Beaver, J.S., C.V. Paniagua, D.P. Coyne, and G.F. Freytag. 1985. Yield stability of dry bean genotypes in the Dominican Republic. Crop Sci. 25:923-926.
3. Camacho, L.H., C. Cardona, and S.H. Drozco. 1966. Genotypic and phenotypic correlation of component of yield in kidney beans. Bean Improvement Cooperative 7:8-9.
4. Coyne, D.P. 1968. Correlation, heritability, and selection of yield components in field bean (Phaseolus vulgaris L.). Crop Sci. 10:246-248.
5. Gepts, P. and F.A. Bliss. 1985. F₁ hybrid weakness in the common bean. Journal of Heredity 76:447-450.
6. Hallauer, A.R. and J.B. Miranda. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press. Ames, Iowa.
7. Kelly, J.D. and M.W. Adams. 1986. Utilization of phenotypic recurrent selection in bean breeding. Bean Improvement Cooperative 29:11-12.
8. Nienhaus, J. and S.P. Singh. 1986. Combining ability analysis and relationships among yield, yield components, and architectural traits in dry bean. Crop Sci. 26:21-27.
9. Quinones, F.A. 1965. Correlation of characters in dry beans. Proc. Amer. Soc. Hort Sci. 86:368-372.
10. Singh, S.P. and J.A. Guiterrez. 1984. Geographical distribution of the DL₁ and DL₂ genes causing hybrid dwarfism in Phaseolus vulgaris L., and their association with seed size, and their significance to breeding. Euphytica 33:337-345.