

ESTUDIO SOBRE LA HERENCIA DE TRES CARACTERES DE FRIJOL

Salvador Miranda Colín¹

Rama de Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Sinopsis

El presente estudio se puso en marcha con el fin de conocer la herencia del hábito de crecimiento, del color del hipocótilo y del color de la flor en el frijol.

Las variedades que se utilizaron como progenitores fueron la Cuba-23-1 y la variedad Bayo-159. La primera variedad es de guía corta (G_1) y tiene hipocótilos y flores de color morado. La segunda variedad es de guía semilarga (G_2) y tiene hipocótilos de color verde y flores de color blanco.

De los resultados obtenidos se concluye que los tres caracteres citados se heredan en forma simple cuando se cruzan las variedades mencionadas. Al mismo tiempo, se deduce que los genes que determinan el hábito de crecimiento están localizados en cromosomas diferentes a los cromosomas en donde se encuentran, ligados, los genes que determinan el color del hipocótilo y el color de la flor. El valor del ligamiento factorial en este caso es de 10.1668 unidades.

Summary

This study was carried out in order to know the way of inheritance of growing habit, the hypocotyl color and the flower color in beans.

The varieties used as progenitors were Cuba-23-1 and Bayo-159. The first one has short guide and purple both hypocotyls and flowers. The second one has medium long guide, green hypocotyls and white flowers.

Based on the results obtained in this study it is inferred that the three characters studied are inherited in a simple way when the varieties mentioned are crossed to each other. At the same time it is deduced that genes which determine the growing habit are located in different chromosome to those in which the linked genes that determine the color of hypocotyls and flowers are found. The linkage value for the former genes is 10.1668 units.

Introducción

En la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se han realizado estudios sobre la herencia de algunos caracteres con el fin de utilizar dicha información en los programas de mejoramiento; sin embargo, no se ha hecho hincapié en la importancia que puedan tener dichos estudios en programas relacionados con la enseñanza * de la Genética. Este es un renglón sumamente importante debido a que pueden establecerse programas de prácticas en las cuales el estudiante pueda comprobar por sí mismo la veracidad de las Leyes Mendelianas en distintos organismos y algunos otros problemas relacionados con la herencia. De ahí nuestro interés por recabar información concreta sobre problemas relacionados con la herencia en materiales que son fáciles de manejar como en el caso de la planta de frijol. En este trabajo,

¹ Profesor investigador, Rama de Genética, Colegio de Postgraduados. E.N.A., Chapingo, Méx.

* Los materiales aquí descritos pueden obtenerse en la Rama de Genética del Colegio de Postgraduados.

nos referiremos concretamente a la herencia del hábito de crecimiento, del color del hipocótilo (entrenado hipocotiledonar) y del color de los pétalos de la flor.

Antecedentes

Hábito de crecimiento. La herencia de este carácter ha sido estudiada por diversos investigadores. Emerson (1916) (5), McRostie (1919) (7), Tjebbes y Kooiman (citado por Kooiman, 1931) (6) y Casas (1958) (4) han coincidido en que la herencia del hábito de crecimiento depende de un par de factores alelomórficos donde el crecimiento indeterminado domina sobre el crecimiento determinado. Miranda (1966) (8), después de realizar cruzamientos entre plantas de tipo guía (crecimiento indeterminado) y plantas de tipo mata (crecimiento determinado), encontró que el tipo guía dominaba sobre el tipo mata y se manifestaba un tipo de herencia simple. Además de esto, cruzó variedades de tipo guía que diferían en la longitud del tallo principal y ocurrió que el carácter guía larga dominaba sobre el carácter guía corta segregando en la proporción de 3:1 en la generación F_2 . Estos resultados condujeron a la conclusión de que el hábito de crecimiento estaba gobernado por una serie de alelomorfos múltiples, donde el tipo de guía larga dominaba sobre el tipo de guía corta y estos caracteres dominaban, a su vez, sobre el tipo mata.

Color del hipocótilo. En las plántulas de frijol, el hipocótilo (entrenado hipocotiledonar) puede ser de color verde, rosa, rojo o morado. En trabajos realizados por otros investigadores se ha observado que el color del hipocótilo, generalmente es el mismo que el del tallo (Shaw, 1913; Kooiman, 1931; Cárdenas, 1952 y Casas, 1958) (10) (6) (3) (4), de ahí la importancia de considerar en este trabajo los estudios que se han hecho sobre la herencia del color del tallo. Miyake *et al* (citado por Kooiman, 1931) (6), al estudiar la herencia del color del tallo en diferentes variedades de frijol obtuvieron los siguientes resultados:

Rojo x rosa = F_1 , rojo; F_2 , 3 rojos: 1 verde.
 Rojo x verde = F_1 , rojo; F_2 , 3 rojos: 1 verde.
 Rojo x verde = F_1 , rojo; F_2 , 9 rojos: 3 rosas: 4 verdes.
 Rosa x verde = F_1 , rojo; F_2 , 9 rojos: 3 rosas: 4 verdes.
 Verde x verde = F_1 , rojo; F_2 , 9 rojos: 7 verdes.

Posteriormente Azzam y Frazier (1957) (1) cruzaron una variedad de frijol de tallos verdes con otra de tallos morados y obtuvieron una F_1 con tallos de color morado. En la generación F_2 se obtuvo una relación fenotípica de 3:1 dominando el color morado sobre el color verde. Estos mismos resultados fueron obtenidos por Casas (1958) (4) al cruzar la variedad Hidalgo-48-A-1 de tallos morados, con las variedades Hidalgo-38-A-1, Michoacán-68, Puebla 3-D-2 y Zacatecas-9-A-6, de tallos verdes. Cárdenas (1963-64) (3), para estudiar la herencia del color del hipocótilo, cruzó la variedad Michelite, de los Estados Unidos, con la variedad Algarrobo, procedente de Colombia, ambas con tallos de color verde. En la generación F_1 de este cruzamiento todas las plantas mostraron hipocótilo de color morado y en la generación F_2 la segregación ocurrió en la proporción de 9 morados: 7 verdes.

Color de la flor. El color de la flor en el frijol (*Phaseolus vulgaris*) puede ser morado, blanco y tonalidades intermedias entre éstos. Entre los estudios que se han realizado para conocer la herencia del color de la flor figuran los siguientes: Johansen (citado por Kooiman, 1931) (6) al cruzar una variedad de flores moradas con otra de flores blancas obtuvo una generación F_1 con flores de color morado. En la generación F_2 ocurrió una segregación fenotípica de 3 moradas: 1 blanca. Posteriormente Weiseth (1954) (11) hizo estudios sobre la herencia del color de la flor utilizando las siguientes variedades: *Phaseolus vulgaris*, L. Var. silvestre, cuyas flores eran de color morado; Balin de Albenga y Golden Crop con flores de color rosa y Michelite, Boca Negra y LL-28 con flores de color blanco. Los resultados que obtuvo Weiseth en sus diferentes cruzamientos fueron los siguientes:

Golden Crop \times *P. vulgaris*, Var. silvestre = F_1 , morada; F_2 , 3 moradas: 1 rosa.
 Michelite \times *P. vulgaris*, Var. silvestre = F_1 , morada; F_2 , 3 moradas: 1 blanca.
 Boca Negra \times *P. vulgaris*, Var. silvestre = F_1 , morada; F_2 , 9 moradas: 7 blancas.
 LL-28 \times *P. vulgaris*, Var. silvestre = F_1 , morada; F_2 , 9 moradas: 7 blancas.
 Michelite \times Balin de Albenga = F_1 , morada; F_2 , 9 moradas: 3 rosas: 4 blancas.
 Boca Negra \times Balin de Albenga = F_1 , morada; F_2 , 9 moradas: 3 rosas: 4 blancas.

Casas (1958) (4) en su estudio sobre la herencia del color de la flor utilizó las siguientes variedades: Hidalgo-48-A-1 de flores moradas; Michoacán-68 de flores rosas y Puebla-3-D-2, Hidalgo-38-A-1 y Zacatecas-9-A-6 de flores blancas. Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Morada \times rosa = F_1 , morada; F_2 , 3 moradas: 1 rosa.
 Morada \times blanca = F_1 , morada; F_2 , 3 moradas: 1 blanca.
 Rosa \times blanca = F_1 , rosa; F_2 , 3 rosas: 1 blanca.
 Blanca \times blanca = F_1 , blanca; F_2 , todas blancas.

De acuerdo con estos resultados Casas llegó a la conclusión de que el color de la flor dependía de una serie de alelomorfos múltiples donde el color morado dominaba a los colores rosa y blanco, y el color rosa dominaba al blanco. A estos mismos resultados llegó Miranda (1965) (8) cruzando las variedades Cuba-23-1 de flores moradas, Michoacán-68 de flores rosas y Bayo-150 y Puebla-20-B-2 de flores blancas. Cárdenas (1963-1964) (3) al cruzar la variedad Michelite de flores blancas con la variedad Algarrobo de flores rosas, obtuvo una F_1 con flores de color morado y en la generación F_2 , la segregación ocurrió en la proporción de 9 moradas: 3 rosas: 4 blancas.

Según las relaciones fenotípicas, observadas por diversos investigadores en las generaciones F_2 , se infiere que tanto el color del tallo, como el color de la flor pueden estar gobernados por un par de factores o por la interacción de dos pares de factores.

Métodos y materiales

Los materiales que se usaron en el presente estudio fueron las variedades Cuba-23-1 y Bayo-159. La primera variedad se caracteriza por tener el hipocótilo (entrenado hipocotiledonar) de color morado, hábito de crecimiento indeterminado

(guía corta, planta erecta, G_1) y flores de color morado. En cambio la variedad Bayo-159 posee hipocótilos de color verde, hábito de crecimiento indeterminado (guía semilarga, planta enredadora, G_3) y flores de color blanco. Las variedades progenitoras se sembraron en el campo y ahí mismo se hicieron los cruzamientos. La siembra de la generación F_1 se hizo en el invernadero, usando vasos de cartón parafinado, con el fin de tomar el dato correspondiente al color del hipocótilo. Posteriormente las plantas se trasplantaron al campo usando distancias de 1.20 m entre surco y surco y 3 m entre planta y planta. El mismo procedimiento se siguió con la generación F_2 en cuanto a los sistemas de siembra y las distancias que se utilizaron entre los surcos y entre las plantas. El análisis de los datos se hizo utilizando la prueba de χ^2 (Chi cuadrada).

Resultados

En la generación F_1 todas las plantas mostraron guía semilarga (G_3), hipocótilos de color morado y flores de color morado. En la generación F_2 los tres caracteres en estudio segregaron en la proporción de 3:1 dominando el tipo de guía semilarga (G_3) sobre el tipo de guía corta (G_1), el color morado del hipocótilo sobre el color verde y el color morado de la flor sobre el color blanco, cuadros 1, 2 y 3.

CUADRO 1

Segregación en la F_2 de la cruce Cuba-23-1 \times Bayo-159. (Guía corta, planta erecta \times Guía semilarga, planta enredadora)

HABITO DE CRECIMIENTO	NUMERO DE PLANTAS		χ^2	Probabilidad
	Observado	Calculado		
Guías semilargas (G_3)	551	561.75	0.2057	
Guías cortas (G_1)	198	187.25	0.6171	
TOTAL	749	749.00	0.8228	0.50-0.30
Relación	3:1			

CUADRO 2

Segregación en la F_2 de la cruce Cuba-23-1 \times Bayo-159. (Hipocótilo morado \times hipocótilo verde)

COLOR DEL HIPOCOTILO	NUMERO DE PLANTAS		χ^2	Probabilidad
	Observado	Calculado		
Morados	607	622.5	0.3859	
Verdes	223	207.5	1.1578	
TOTAL	830	830.0	1.5437	0.30-0.20
Relación	3:1			

CUADRO 3

*Segregación en la F₂ de la cruce Cuba-23-1 × Bayo-159.
(Flor morada × flor blanca)*

COLOR DE LA FLOR	NUMERO DE PLANTAS		X ²	Probabilidad
	Observado	Calculado		
Moradas	564	580.5	0.4670	
Blancas	210	193.5	1.2964	
TOTAL	774	774.0	1.7634	0.20-0.10
Relación	3:1			

Al analizar el hábito de crecimiento y el color del hipocótilo como un dihíbrido se observó que de 749 plantas consideradas, 398 mostraron hábito de crecimiento G_3 (Guía semilarga, planta enredadora) e hipocótilo morado; 153 plantas expresaron hábito de crecimiento G_3 e hipocótilo verde; 151 plantas tuvieron hábito de crecimiento G_1 (Guía corta, planta erecta) e hipocótilo morado y 47 plantas mostraron hábito de crecimiento G_1 e hipocótilo verde. Esta segregación concuerda con la relación fenotípica 9:3:3:1 que es clásica del dihíbrido cuando hay dominancia completa y recombinación independiente, cuadro 4.

CUADRO 4

Segregación en la F₂ de la cruce Cuba-23-1 × Bayo-159. (Análisis tomando en cuenta el hábito de crecimiento y el color del hipocótilo)

FENOTIPOS *	NUMERO DE PLANTAS		X ²	Probabilidad
	Observado	Calculado		
Guías G_3 e hipocótilos morados	398	421.31	1.2897	
Guías G_3 e hipocótilos verdes	153	140.44	1.1233	
Guías G_1 e hipocótilos morados	151	140.44	0.7940	
Guías G_1 e hipocótilos verdes	47	46.81	0.0008	
TOTAL	749	749.00	3.2078	0.50-0.30
Relación	9:3:3:1			

* G_1 = Guía corta, planta erecta.
 G_3 = Guía semilarga, planta enredadora.

Al analizar los datos correspondientes al hábito de crecimiento y al color de la flor a manera de dihíbrido, se observó que de 749 plantas consideradas, 392 mostraron hábito de crecimiento G_3 (Guía semilarga, planta enredadora) y flores moradas; 159 plantas tuvieron hábito de crecimiento G_3 y flores blancas; 151 manifestaron hábito de crecimiento G_1 (Guía corta, planta erecta) y flores moradas, y finalmente 47 plantas mostraron hábito de crecimiento G_1 y flores blancas. Esta segregación también concuerda con la relación fenotípica 9:3:3:1 según puede apreciarse en el cuadro 5.

CUADRO 5

Segregación en la F₂ de la cruce Cuba-23-1 × Bayo-159. (Análisis tomando en cuenta el hábito de crecimiento y el color de la flor)

FENOTIPOS *	NUMERO DE PLANTAS		X ²	Probabilidad
	Observado	Calculado		
Guías G ₃ y flores moradas	392	421.31	2.0390	
Guías G ₃ y flores blancas	159	140.44	2.4528	
Guías G ₁ y flores moradas	151	140.44	0.7940	
Guías G ₁ y flores blancas	47	46.81	0.0008	
TOTAL	749	749.00	5.2866	0.20-0.10
Relación	9:3:3:1			

* G₁ = Guía corta, planta erecta.
G₃ = Guía semilarga, planta enredadora.

Al analizar en forma conjunta los datos correspondientes al color del hipocótilo y al color de la flor se observó que de 774 plantas consideradas, 522 mostraron hipocótilos morados y flores moradas; 34 tuvieron hipocótilos morados y flores blancas; 42 presentaron hipocótilos verdes y flores moradas y 176 mostraron hipocótilos verdes y flores blancas. Esta segregación no concuerda con la segregación fenotípica 9:3:3:1, lo cual sugiere que los dos caracteres considerados están situados en el mismo cromosoma o sea que están ligados, cuadro 6.

CUADRO 6

Segregación en la F₂ de la cruce Cuba-23-1 × Bayo-159. (Análisis tomando en cuenta el color del hipocótilo y el color de la flor)

FENOTIPOS	NUMERO DE PLANTAS		X ²	Probabilidad
	Observado	Calculado (9:3:3:1)		
Hipocótilos morados y flores moradas	522(A)	435.375	17.2355	
Hipocótilos morados y flores blancas	34(B)	145.125	85.0905	
Hipocótilos verdes y flores moradas	42(C)	145.125	73.2800	
Hipocótilos verdes y flores blancas	176(D)	48.375	331.4499	
TOTAL	774	774.000	507.0559	< 0.001

Considerando que se trata de un caso de acoplamiento, o sea que las combinaciones paternas contienen los dos genes dominantes y los dos genes recesivos, recurrimos a la siguiente fórmula para calcular el valor del ligamiento factorial:

$$\text{Valor del ligamiento factorial} = 100 \left[1 - \frac{\sqrt{D}}{D+c} \right]$$

Aplicando la fórmula anterior a los datos del cuadro 6, columna 2, deducimos que el ligamiento factorial tiene un valor de 10.1668% de recombinaciones nuevas;

en otras palabras, podemos decir que los genes que determinan el color del hipocótilo y los que dan origen al color de la flor, están situados en el mismo cromosoma y a una distancia de 10.1668 unidades.

Discusión

Los resultados obtenidos en relación a la herencia del hábito de crecimiento, concuerdan con los resultados que han obtenido otros investigadores en el sentido de que se trata de un carácter de herencia simple (cuadro 1); sin embargo, al considerar la variación que muestran distintas variedades, en cuanto a la longitud de la guía, se ha determinado que el hábito de crecimiento depende de una serie de alelomorfos múltiples. Miranda (1966) (9). Si consideramos que el color del hipocótilo es semejante al color del tallo y ambos proceden del mismo genotipo, entonces el color del hipocótilo puede depender de un par de factores o de la interacción de dos pares de factores. Esto se deduce de los estudios que han realizado diversos investigadores para conocer la herencia del color del tallo. En dichos estudios se han obtenido las siguientes relaciones fenotípicas en la generación F_2 : 3:1 (Herencia simple), 9:3:4 (Epistasis recesiva) y 9:7 (Factores complementarios). En el estudio realizado por Cárdenas (1963-1964) (3) para conocer la herencia del color del hipocótilo se obtuvo una relación fenotípica de 9 morados: 3 rosas: 4 blancos, en la generación F_2 y en el presente trabajo la relación fenotípica fue de 3 morados: 1 verde, cuadro 2. Esto indica que la relación fenotípica esperada en la generación F_2 puede variar según el genotipo de las variedades progenitoras. Diversos estudios relacionados con la herencia del color de la flor, también han arrojado resultados parecidos a los que hemos mencionado para el color del tallo. O sea que en la generación F_2 se han obtenido las relaciones fenotípicas 3:1; 9:3:4 y 9:7. En el presente estudio la relación obtenida fue de 3 flores moradas: 1 blanca, cuadro 3. Esto nos demuestra nuevamente que el color de la flor no siempre está determinado por el mismo genotipo. En consecuencia, la relación fenotípica esperada en la F_2 dependerá del genotipo de las variedades progenitoras.

Los resultados que se reportan en el cuadro 4 se refieren al análisis conjunto de los datos correspondientes al hábito de crecimiento y al color del hipocótilo. Estos resultados concuerdan con la relación típica del dihíbrido (9:3:3:1), lo cual significa que los genes que determinan el hábito de crecimiento están localizados en cromosomas diferentes a los cromosomas donde se encuentran los genes que determinan el color del hipocótilo. En el cuadro 5 se reportan los resultados obtenidos al analizar conjuntamente los datos del hábito de crecimiento y del color de la flor. Estos resultados concuerdan también con la segregación clásica del dihíbrido, por cuya razón se deduce que los genes que determinan dichos caracteres se encuentran localizados en distintos cromosomas. Al analizar conjuntamente los datos del color del hipocótilo y del color de la flor, se han obtenido los resultados que se consignan en el cuadro 6. Estos resultados nos demuestran que los dos caracteres citados están ligados o sea que se encuentran en el mismo cromosoma y situados a una distancia de 10.1668 unidades.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

Cuando se cruzan las variedades Cuba-23-1 y Puebla-159, los caracteres contrastados correspondientes al hábito de crecimiento, al color del hipocótilo y al color de la flor, presentan un tipo de herencia simple (3:1).

Tratándose de las variedades mencionadas, los genes que determinan el hábito de crecimiento y el color del hipocótilo o el color de la flor, se encuentran localizados en cromosomas diferentes.

Los genes que dan origen al color del hipocótilo y al color de la flor están situados en el mismo cromosoma y se encuentran a una distancia de 10.1668 unidades de recombinación.

Bibliografía

1. AZZAM, H. y W. FRAZZIER. *Inheritance of plant pigment and seed coat color in Phaseolus vulgaris L.* Ann. Rpt. Bean Improvement Cooperative. Corvallis, Oregon. 1957.
2. CÁRDENAS, R. F. *Clasificación preliminar de los frijoles en México.* Tesis profesional. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro", Saltillo, Coah., México. 1952. Inédito.
3. CÁRDENAS, R. F. *Herencia de tres caracteres del frijol.* Agricultura Técnica en México (2): (3): 107-111. 1963-1964.
4. CASAS, D. E. *Herencia de tres caracteres morfológicos en frijol y su relación con la obtención de variedades puras.* Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. 1958. Inédito.
5. EMERSON, R. A. *A genetic study of plant height in Phaseolus vulgaris L.* Neb. Agr. Exp. Sta., Res. Bull. 7. Lincoln, Neb. 1916.
6. KOOIMAN, H. N. *Monograph on the genetics of Phaseolus Bib.* Genetics (8): 295-413. 1931.
7. McROSTIE, G. P. *Inheritance of anthracnose resistance as indicated by a cross between a resistant and a susceptible bean.* Phitopathology (9): 148. 1919.
8. MIRANDA, C. S. *Herencia del color de la flor en Phaseolus vulgaris L.* Sociedad Mexicana de Fitogenética. Memoria del Primer Congreso de Fitogenética (Commemoración del Centenario de Mendel, 1865-1965): 201-214. 1965.
9. MIRANDA, C. S. *Herencia del hábito de crecimiento en Phaseolus vulgaris L.* Agrociencia. Colegio de Postgraduados (1) (1): 77-83. Chapingo, México, 1966.
10. SHAW, J. K. *Inheritance of blossom color beans.* Mass. Agr. Exp. Sta., Ann. Rpt. (25): 182-213. 1913.
11. WEISET, G. *Una variedad silvestre del poroto común (Phaseolus vulgaris) autóctono del nordeste argentino y su relación genética con variedades cultivadas.* Revista Agronómica del Nordeste Argentino (1) (2): 71-81. 1954.