

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA DEL FRIJOL AYOCOTE EN EL VALLE DE MÉXICO*

YIELD AND SEED QUALITY OF AYOCOTE BEAN AT THE VALLEY OF MEXICO

Oscar Javier Ayala Garay^{1§}, Juan Manuel Pichardo González¹, Julio Arturo Estrada Gómez¹, José Alfredo Carrillo Salazar¹ y Adrián Hernández Livera¹

¹Programa de Semillas, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. [§]Autor para correspondencia: oayala@colpos.mx

RESUMEN

La semilla es fundamental para la conservación y propagación del germoplasma de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.). En este estudio se evaluó el rendimiento y la calidad de la semilla de nueve variedades de frijol ayocote en dos fechas de siembra: 1) 2 de mayo y 2) 17 de junio de 2003 en Montecillo, Estado de México, México. Se evaluó la calidad fisiológica con base en el vigor de la semilla después de someterla a envejecimiento acelerado a 42 °C y alta humedad relativa durante 120 h. El vigor se determinó con base en el porcentaje y velocidad de emergencia en arena y la producción de materia seca de plántulas. El rendimiento en la primera fecha de siembra (529 g planta⁻¹) fue superior al de la segunda (334 g planta⁻¹), así mismo, la calidad física de la semilla con valores de peso hectolítrico de 75 y 73 kg hL⁻¹ y de 123 y 110 g para el peso de 100 semillas, respectivamente. Por el contrario, los valores para las variables relacionadas con la calidad fisiológica de la semilla fueron mayores en la segunda fecha, con respecto a la primera, cuyo porcentaje de emergencia fue 84 y 62%, 2.81 y 2.15 para el número de plántulas emergidas por día y 3.7 y 3.1 g para el peso promedio de 10 plántulas, respectivamente. En la primera fecha se obtuvo el mayor rendimiento y calidad física de la semilla y en la segunda se produjo semilla con mayor calidad fisiológica. Lo anterior fue debido a que esta fecha tuvo, durante su producción, menor tiempo de exposición a los factores ambientales. Se recomiendan siembras tempranas y

cosechas rápidas después de la madurez para obtener semilla de frijol ayocote de alta calidad y vigor.

Palabras clave: *Phaseolus coccineus* L., calidad física, calidad fisiológica, vigor.

ABSTRACT

In the conservation and propagation of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.), the seed is a basic element. In this study, the seed yield and seed quality of nine runner bean cultivars were evaluated in two planting dates 1) May 2nd and 2) June 17th, 2003) at Montecillo, State of Mexico, Mexico. Seed physiological quality was evaluated by the accelerated aging test at 42 °C and high relative humidity for 120 h. Seed vigor was determined by the velocity of seed emergence in sand, the percentage of emergence and the dry weight of 10 seedlings. Seed yield from the first planting date (529 g plant⁻¹) was significantly higher than the yield from the second date (334 g plant⁻¹), this was also true for the seed physical quality with a hectoliter weight of 75 and 73 kg hL⁻¹ and 100-seed weight with 123 and 110 g, respectively. On the contrary, the parameters related to seed physiological quality were higher in the second planting date in relation to the first, whose percent of emergency were 84 and 62%, and 2.81 and 2.15 for the number of seedlings emerged d⁻¹ and 3.7 and 3.1 g for the average dry weight of 10 seedlings, respectively.

* Recibido: Abril de 2005
Aceptado: Septiembre de 2006

Higher yields and seed physical quality were obtained in the first planting date, while high seed physiological quality was observed in the second. This last result was due to the fact that the seed produced in the second date had less exposure to the environmental conditions after maturation. Early sowing dates and harvesting as soon as maturity is reached is necessary to obtain seeds of high quality and vigor.

Key words: *Phaseolus coccineus* L., seed physical quality, seed physiological quality, vigor.

INTRODUCCIÓN

El frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) es una leguminosa nativa de México con gran potencial de uso y aprovechamiento con fines alimenticios para la población humana mediante el uso de su follaje, flores, vainas y semillas (Basurto *et al.*, 1996). En otras partes del mundo esta leguminosa se aprovecha como planta ornamental, debido al gran tamaño y diversidad de colores del estandarte y las alas de la flor, entre los cuales el más atractivo es el rojo escarlata. Además, también puede usarse como frijol ejotero y actualmente existen variedades registradas con este fin (León, 1987). En estado silvestre es una planta perenne y su forma cultivada es anual, tradicionalmente se siembra en asociación con maíz (Miranda, 1979; Castillo *et al.*, 2006).

A pesar de las características excepcionales de esta especie, ha sido menos estudiada que el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Sus diferencias morfológicas respecto a *P. vulgaris* L. son de importancia en cuanto a la producción de semillas ya que el frijol ayocote, debido al mayor grado de polinización cruzada favorecida por los insectos, tiene más probabilidades de ser infectado por patógenos transmitidos por semilla (Maude, 1996).

En México se ha investigado en la conservación y mejoramiento genético del frijol ayocote, principalmente en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Vargas *et al.*, 2000; Vargas, 2001). En el Colegio de Postgraduados (CP), se ha iniciado la producción de semilla de alta calidad como contribución para un programa continuo de conservación y aprovisionamiento de semilla de esta especie para los productores y para el mejoramiento genético de la misma.

Por lo anterior, se debe identificar la fecha de siembra óptima para la producción de semilla de frijol ayocote con alta calidad física y fisiológica en el Valle de México, región con

una superficie importante de esta especie (Vargas y Muruaga, 1999; Castillo *et al.*, 2006). Además, es necesario desarrollar y adaptar técnicas para establecer un método sistemático que permita evaluar la calidad de la semilla certificada de diferentes variedades de frijol ayocote. Una de las técnicas utilizadas para evaluar la calidad física y fisiológica de lotes de semilla es el envejecimiento acelerado, el cual consiste en la exposición de muestras de semilla a una temperatura entre 40 y 42 °C y entre 85 y 100% de humedad relativa por un período de tiempo definido (Copeland y McDonald, 2001).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento y la calidad física y fisiológica de la semilla de nueve variedades de frijol ayocote producidas en dos fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Germoplasma utilizado

El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México (19° 29' N, 98° 51' O y 2250 msnm). Se utilizaron nueve variedades de frijol ayocote: Ixtenco, colectada en el estado de Tlaxcala; Compuesto Montecillo, Blanco Tlaxcala, Blanco CP, Tequexquinahuac, San Francisco, Ozumba, San Juan Tepecoculco, y Juchitepec, colectadas en el Estado de México. Con excepción de Blanco Tlaxcala y Blanco CP, que son variedades mejoradas, el resto son variedades nativas sin datos de caracterización o evaluación previa.

Durante el ciclo primavera-verano de 2003 se estableció un experimento con un diseño de bloques completos al azar, considerando dos fechas de siembra: 2 de mayo (FS1) y 17 de junio (FS2), nueve variedades y tres repeticiones. La unidad experimental constó de un surco de 12 m de largo y 0.8 m entre surcos y entre plantas (15 625 plantas ha⁻¹). Se utilizaron tutores para las plantas y se aplicó un riego de presiembra, el resto del ciclo biológico se mantuvo al cultivo en condiciones de temporal, el cual mostró distribución regular de las lluvias durante el ciclo del cultivo (Figura 1).

Variables evaluadas

En cada fecha de siembra se registraron los días a floración y a la madurez de cosecha de cada variedad, en esta última etapa por cada unidad experimental se cosecharon al azar

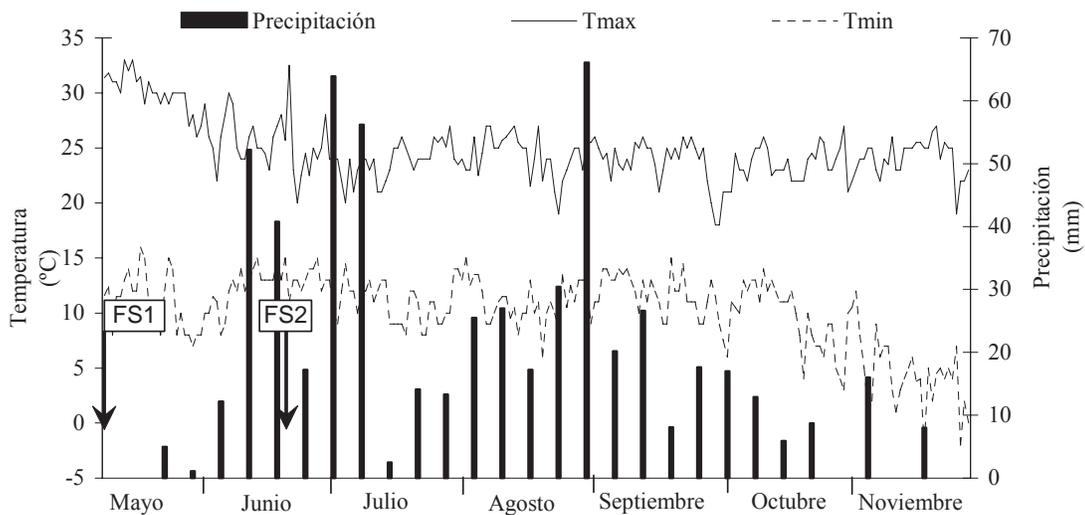


Figura 1. Promedio de temperatura máxima (T max), temperatura mínima (T min) y precipitación acumulada semanalmente en Montecillo, Estado de México durante la evaluación de nueve variedades de frijol ayocote sembradas el 2 de mayo (FS1) y 17 de junio (FS2) de 2003.

tres plantas con competencia completa y en ellas se evaluó el rendimiento promedio de semilla en g planta^{-1} (RDTO).

Para determinar la proporción para cada tamaño de semilla (%), se mezcló la semilla correspondiente a las tres repeticiones de cada variedad en cada fecha de siembra. Cada uno de los 18 lotes de semilla obtenidos se pasaron por mallas circulares para separarlos con base en tres tamaños de semilla: grande (G) obtenido con la malla de 12/64", mediano (M) 11/64" y pequeño (P) 10/64". Para las pruebas de calidad de semilla se tomó una muestra de 1 kg del tamaño de mayor proporción (Cuadro 1).

El porcentaje de humedad de cada lote de semilla se determinó en una sola muestra con un determinador electrónico Motomco 919. El peso hectolítrico (PH) de la semilla, expresado en kg hL^{-1} , también se obtuvo en una muestra de 1 L de semilla y se pesó en una balanza OHAUS. El peso de mil semillas (P1000S), expresado en g, se obtuvo con base en ocho muestras de 100 semillas, cada una y se determinó en una báscula electrónica siguiendo el método propuesto por la ISTA (2004) y se analizó estadísticamente como 18 lotes de semilla en un arreglo factorial de origen de la semilla: dos fechas de siembra, nueve variedades y ocho repeticiones. Para evaluar el vigor de la semilla se utilizó la prueba de envejecimiento acelerado, con el método propuesto para soya (*Glycine max L.*) por McDonald y Phaneedranath (1978), colocando únicamente 75 semillas en una cámara

germinadora (Cleland International 1000 FAATR) a una temperatura de 42 °C por un período de 120 h. Una vez concluido dicho período para cada variedad, se evaluaron junto con un número similar de semillas sin envejecimiento acelerado, las cuales representaron los testigos.

La semilla de las nueve variedades de cada fecha de siembra se estableció en un semillero de madera de 2.5 x 5 m, con arena esterilizada como sustrato. Se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones de 25 semillas cada una, en donde la parcela principal la representaron las variedades, las parcelas secundarias fueron las fechas de siembra y las subparcelas los tratamientos de envejecimiento acelerado. La profundidad de siembra fue de 5 cm y se aplicó un riego al momento de la siembra y luego se regó regularmente para mantener húmedo el sustrato. El semillero se colocó bajo una estructura metálica con cubierta de polietileno. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación (PG) y porcentaje de plántulas anormales (PPA), las que se evaluaron siguiendo la metodología de la ISTA (2004), longitud de plántula (LP), peso seco de plántula (PSP) y velocidad de emergencia (VE). La LP se midió en centímetros 11 días después de la siembra, tomando al azar 10 plántulas normales de cada uno de los tratamientos. El PSP se expresó en gramos y para obtenerlo se cortaron 10 plántulas sin cotiledones y raíces, las cuales fueron secadas en una estufa a 70 °C por 72 h y pesadas en una báscula electrónica (OHAUS). La VE se determinó con

Cuadro 1. Promedio para variables evaluadas en nueve variedades de frijol ayocote sembradas el 2 de mayo y 17 de junio de 2003. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Variedad	Días		Rendimiento (g planta ⁻¹)	Semilla		
	Floración	Cosecha		Tamaño (%)	Hum (%)	PH (kg hL ⁻¹)
----- 2 de Mayo -----						
Compuesto Ixtenco	62	188	375	86 M	11.1	72
Compuesto Montecillo	68	202	596	53 G	10.5	73
Blanco Tlaxcala	42	188	569	78 M	10.2	83
Blanco CP	46	188	600	66 M	10.5	82
Tequexquinahuac	40	188	504	78 M	10.5	77
San Francisco	82	205	524	80 G	10.4	70
Ozumba	93	205	455	50 G	10.2	71
San Juan Tepecoculco	96	205	589	71 G	10.5	72
Juchitepec	40	188	546	49 P	10.8	74
Promedio	63	196	529		10.5	75
----- 17 de Junio -----						
Compuesto Ixtenco	63	161	295	42 G	10.7	74
Compuesto Montecillo	71	161	374	51 G	10.7	68
Blanco Tlaxcala	44	161	289	64 M	10.2	78
Blanco CP	50	161	279	51 M	10.4	78
Tequexquinahuac	43	162	426	51 G	10.7	76
San Francisco	79	168	302	85 G	10.5	68
Ozumba	85	168	210	45 P	11.3	74
San Juan Tepecoculco	92	168	390	69 G	10.1	72
Juchitepec	42	161	439	63 G	10.7	74
Promedio	63	163	334		10.6	73
CV (%)	1.2	0.9	25.9			

Hum= Humedad de la semilla; PH= Peso hectolítrico; Los valores de Hum y PH se midieron en una sola muestra; G= Tamaño grande; M= Tamaño mediano; P= Tamaño pequeño.

base en el método establecido por Copeland y McDonald (2001).

La información de rendimiento en campo y de la prueba de vigor en el laboratorio se analizó utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS) y para las variables que mostraron diferencias estadísticamente significativas se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey, $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera fecha de siembra (FS1) la temperatura y la precipitación favorecieron el crecimiento de las plantas

(Figura 1). En la segunda fecha de siembra (FS2), el ciclo fue interrumpido por una helada (-2 °C) ocurrida a los 156 días después de la siembra (DDS). La helada dañó el follaje y redujo la duración del período reproductivo, aunque no afectó la calidad de la semilla. Se considera que el nivel de daño de una helada en frijol común (*P. vulgaris* L.) está en función de su intensidad y de la etapa de desarrollo en que se encuentre el cultivo (Jacinto y Fernández, 1993) y cuando la helada coincide con el llenado de las vainas se observan efectos negativos como llenado de grano deficiente, lo que reduce el rendimiento.

Lo anterior explica en parte los resultados obtenidos (Figura 1), debido a que la interrupción del desarrollo por efecto de la helada disminuyó significativamente (37%) el rendimiento

promedio de la FS2 (334 g planta⁻¹) con respecto a la FS1 (529 g planta⁻¹). Se considera que esta disminución se originó por un ciclo reproductivo más corto. En la FS2 la duración del ciclo biológico fue 42 días menor que en la FS1. En el frijol ayocote el proceso de producción de flores y vainas se traslapan, por lo que es posible encontrar en una misma planta: flores, vainas en formación y granos en proceso de maduración. Al interrumpirse el período de llenado de las semillas, por efecto de la helada, las plantas de la FS2 no expresaron todo su potencial productivo.

Cuadro 2. Cuadros medios y nivel de significancia estadística para el rendimiento de nueve variedades de frijol ayocote cultivadas en dos fechas de siembra en Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2003.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rendimiento (g planta ⁻¹)
Fecha de siembra (FS)	1	513852.43 **
Bloque /FS	4	12873.88 NS
Variedad (V)	8	23045.18 NS
FS*V	8	11604.22 NS
Error	32	12442.48
CV (%)		25.87

**= Altamente significativo con $p \leq 0.01$; NS = No significativo.

El análisis de varianza registró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre fechas de siembra para el rendimiento (Cuadro 2), lo que demuestra la influencia de la longitud de la etapa reproductiva en esta importante característica. No hubo diferencias para rendimiento entre variedades ni para la interacción fecha de siembra x variedad, lo que indica que todas las variedades mostraron respuesta similar para cada fecha y mantuvieron esa respuesta entre fechas. En el Valle de México y de manera similar a lo observado en esta investigación, se reportó que el rendimiento de cinco variedades de frijol común se redujo 44% cuando se sembró el 13 de julio respecto a la fecha del 12 de junio (Esquivel *et al.*, 2004).

Calidad física de la semilla

La variedad San Francisco produjo mayor cantidad de semillas grandes en ambas fechas de siembra (Cuadro 1). Las variedades Blanco Tlaxcala y Blanco CP produjeron semilla de tamaño mediano y diferentes proporciones para cada tamaño de semilla entre fechas de siembra, lo que puede

atribuirse a la interacción genotipo-ambiente incrementada por la helada ocurrida en la FS2.

Se considera que la clasificación de la semilla por longitud y grosor con cribas circulares permitió la homogenización de la calidad física y fisiológica de la semilla de cada variedad. Al respecto, Filho y Avancine (1983) demostraron que la calidad fisiológica se incrementó con la clasificación de la semilla de frijol común basada en el grosor, por lo que los valores más bajos para esta característica se asociaron a una reducción del vigor y emergencia.

El contenido de humedad de la semilla resultó similar entre fechas, tuvo una amplitud de 10.1 a 11.3% entre los 18 lotes de semilla analizados (Cuadro 1). Las variedades que presentaron los valores más altos de peso hectolítrico (PH) en las dos fechas de siembra fueron Blanco Tlaxcala (FS1: 83 y FS2: 78 kg hL⁻¹) y Blanco CP (FS1: 82 y FS2: 78 kg hL⁻¹). La variedad San Francisco mostró el menor PH en ambas fechas de siembra con 70 kg hL⁻¹ en la primera y 68 kg hL⁻¹ en la segunda. Esta respuesta se debió principalmente a que la variedad San Francisco posee semillas de mayor tamaño y quedan huecos mas grandes al acomodarse ésta en los frascos utilizados para la determinación de PH. También puede ser debido a que las semillas de Blanco Tlaxcala y Blanco CP, por su forma plana, dejaron menor cantidad de espacios entre ellas y por lo tanto, un valor más alto de su peso hectolítrico. El PH promedio en la FS1 fue 75 kg hL⁻¹ y 73 kg hL⁻¹ en la FS2, lo que corroboró los resultados obtenidos por Bernabé (2004) en lotes de semilla de frijol común (*P. vulgaris* L.) producida en dos fechas de siembra.

El P1000S mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre variedades, fechas de siembra y para la interacción (Cuadro 3). La semilla de la variedad San Francisco presentó el P1000S más alto promedio de las dos fechas de con 1467 g, mientras que Blanco CP tuvo el menor con 928 g. La FS1 tuvo el promedio más alto de P1000S con 1225 g en comparación con la FS2 que mostró 1095 g. Con base en los resultados puede decirse que la mejor fecha para obtener semillas de mayor peso es la realizada el mes de mayo, lo que contribuyó a incrementar el rendimiento y la calidad física de la semilla.

Las semillas producidas en la FS2 tuvieron un menor PH y P1000S con respecto a la FS1, lo que estuvo relacionado con la reducción del período de llenado de grano por efecto de las temperaturas bajas que afectaron negativamente a todas las variedades en la segunda fecha de siembra. Se ha establecido

que el PHy P1000S, son afectados negativamente en plantas sujetas a falta de nutrimentos, deficiencia de agua y a daños ocasionados por heladas, granizo, plagas y enfermedades (Bustamante, 1983).

Calidad fisiológica de la semilla

En la prueba de vigor se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para todas las variables entre fechas de siembra, tratamientos de envejecimiento acelerado, variedades y sus interacciones (Cuadro 4). La excepción fueron las variables PSP, que presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) y el porcentaje de plántulas anormales (PPA) que sólo mostró diferencias entre fechas de siembra y tratamientos de envejecimiento acelerado. Para la velocidad de emergencia (VE), la variedad Juchitepec resultó sobresaliente con 3.1 plantas/día; mientras que la variedad de la menor VE fue Blanco CP con 1.5 plantas/día.

Cuadro 3. Cuadrados medios y nivel de significancia estadística para el peso de 1000 semillas (P1000S), evaluado en nueve variedades de frijol ayocote cultivadas en dos fechas de siembra en Montecillo, Texcoco, Estado de México. 2003

Fuentes de variación	Grados de libertad	P1000S (g)
Variedad (V)	8	544891.62 **
Fecha de siembra (FS)	1	603340.56 **
V*FS	8	109623.94 **
Error	126	1058.39
CV (%)		2.80

**= Altamente significativo con $p < 0.01$.

Cuadro 4. Cuadrados medios y nivel de significancia estadística de variables consideradas en la prueba de vigor en nueve variedades de frijol ayocote producidas en dos fechas de siembra y sometidas a dos tratamientos de envejecimiento. Montecillo, Estado de México. 2003.

Fuentes de variación	GL	VE (plántulas/día)	PE (%)	PPA (%)	LP (cm)	PSP (g)
Bloque (B)	2	0.64 *	159.63 NS	25.23 NS	19.62 **	2.17 *
Variedad (V)	8	2.99 **	1432.32 **	85.17 NS	33.28 **	4.47 **
B*V/Error A	16	0.04 NS	42.54 NS	48.46 NS	1.70 NS	0.09 NS
FS	1	2.28 **	2454.13 **	705.48 **	1.87 NS	3.56 *
V*FS	8	0.31 NS	154.29 NS	20.67 NS	4.95 NS	0.30 NS
EA	1	11.60 **	6806.09 **	774.64 **	39.85 **	10.33 **
V*EA	8	1.14 **	208.45 NS	134.37 NS	7.23 *	2.02 **
FS*EA	1	0.12 NS	2.28 NS	74.15 NS	0.43 NS	0.02 NS
V*FS*EA	8	0.27 NS	164.97 NS	77.45 NS	0.80 NS	0.37 NS
Error	54	0.18	109.18	64.69	2.68	0.55
C.V. (%)		17.25	17.09	64.76	8.73	22.11

GL= Grados de libertad; FS= Fecha de siembra; EA= Envejecimiento acelerado; VE= Velocidad de emergencia; PE= Porcentaje de emergencia; PPA= Porcentaje de plántulas anormales; LP= Longitud de plántula; PSP= Peso seco de plántulas. **= Altamente significativo con $p < 0.01$; *= Significativo con $p < 0.05$; NS= No significativo.

Las variedades con los valores más altos de porcentaje de emergencia (PE) fueron Juchitepec (88%), Ixtenco (85%) y Ozumba (83%), mientras que la variedad Blanco CP presentó el menor con 40%. En longitud de plántula (LP) la mayor fue para la variedad Tequexquinahuac con un promedio de 21.6 cm; por el contrario, las variedades Ozumba (16.2 cm) y Blanco CP (17.9 cm) fueron las de menor longitud. La variedad Tequexquinahuac tuvo el mayor PSP con 4.2 g, mientras que Blanco CP mostró el menor con 2.4 g. Los resultados muestran un vigor reducido de la variedad Blanco CP, lo cual pudo ser favorecido por su maduración temprana en campo y semilla sensible al envejecimiento natural y al acelerado, ya que debido a su precocidad la semilla estuvo expuesta una cantidad mayor de tiempo a los factores ambientales.

La FS2 produjo semillas con mayor calidad fisiológica que la FS1 (Cuadro 5), ya que todas las variables evaluadas mostraron valores superiores, con excepción del número de plantas anormales. La interacción variedad x fecha de siembra no presentó significancia estadística para ninguna de las variables evaluadas. La semilla del tratamiento de envejecimiento acelerado presentó los valores más bajos en todas las variables, con excepción de PPA (Cuadro 5), lo que demostró que este tratamiento deterioró las semillas y disminuyó significativamente el vigor. Shephard *et al.* (1995) y Cruz *et al.* (2003) establecieron que el deterioro de las semillas se origina por cambios internos como la degradación de la membrana celular, daños en los mecanismos de transporte de energía, alteraciones en

la biosíntesis de proteínas, lo cual reduce: velocidad de emergencia, capacidad de almacenamiento, velocidad de crecimiento, desarrollo, uniformidad de emergencia, resistencia de la planta a factores adversos y rendimiento. Además, el envejecimiento acelerado incrementó el número de plántulas anormales y acentuó la pérdida de vigor de las semillas.

En general, se tuvieron valores más altos de VE en los lotes de semilla sin envejecimiento acelerado (Cuadro 5). La variedad Juchitepec mostró la mayor respuesta con (3.3 plantas/día) y con envejecimiento acelerado (2.9 día). La semilla de la variedad Blanco CP con envejecimiento acelerado presentó la menor VE con 0.8 plantas/día. Aunque los valores de longitud de plántula (LP) fueron similares, sí se observó variación entre 15 y 22 cm y fue posible detectar diferencias estadísticamente significativas entre con y sin envejecimiento. La variedad Montecillo fue menos afectada por el envejecimiento acelerado y las semillas de este tratamiento tuvieron valores altos de LP. En los lotes con envejecimiento acelerado y en el testigo, la variedad Tequexquinahuac tuvo los valores más altos de LP (21.1 y 22.1 cm, respectivamente), mientras que la variedad Ozumba mostró los valores más bajos (15.7 y 16.8 cm, respectivamente).

Las plántulas de la variedad Tequexquinahuac presentaron el PSP más alto en el tratamiento testigo (4.6 g), mientras que con envejecimiento acelerado las de la variedad Montecillo mostraron el peso mayor con 3.9 g. La variedad Blanco CP

Cuadro 5. Comparación de medias para las variables evaluadas en la prueba de vigor de nueve variedades de frijol ayocote cultivadas en dos fechas de siembra y sometidas a envejecimiento acelerado. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 2003.

Factor	VE (plántulas/día)	PE (%)	PPA (%)	LP (cm)	PSP (g)
Fecha de siembra					
2 de mayo 2003	2.3 b*	67 b	8 a	18.8 a	3.1 b
17 de junio 2003	2.6 a	78 a	5 b	18.6 a	3.5 a
Tratamiento					
Envejecimiento acelerado	2.1 b	62 b	9 a	18.1 b	3.1 b
Testigo	2.8 a	84 a	5 b	19.3 a	3.7 a
DHS	0.1	4.5	1.9	0.7	0.3
Promedio	2.5	73	7	18.7	3.4

VE= Velocidad de emergencia; PE= Porcentaje de emergencia; PPA= Porcentaje de plántulas anormales; LP= Longitud de plántula; PSP= Peso seco de plántula; *Valores con la misma letra son estadísticamente similares (Tukey, $p \leq 0.05$); DHS= Diferencia Honesta Significativa.

tuvo el menor PSP (1.5 g), cuando se aplicó envejecimiento acelerado, lo que demuestra su susceptibilidad a ese tratamiento.

En la variedad Tequexquinahuac se observó que la diferencia de la LP entre los tratamientos de envejecimiento acelerado y el testigo fue de 5% y de 17% para PSP. Esto muestra que para una similar longitud de planta, puede haber diferencia de peso ocasionada por la diferencia de acumulación de materia seca en órganos individuales de la plántula. Además, la disponibilidad de reservas, en el interior de la semilla, pueden influir significativamente y cuando éstas fueron insuficientes las plántulas obtuvieron un peso seco más bajo.

Se ha demostrado que el envejecimiento acelerado provoca el consumo de parte de las reservas de las semillas al incrementar su respiración y además daña las membranas celulares (Delouche y Baskin, 1973; Shephard *et al.*, 1995). Los resultados demostraron que el peso seco de la plántula es la característica más confiable para predecir el vigor de un lote de semilla, porque refleja la cantidad de reservas almacenadas y disponibles para su uso fisiológico en el desarrollo de la planta (Knittle y Burris, 1976).

Las semillas de algunas variedades de frijol ayocote tuvieron una cantidad suficiente de reservas para germinar y emerger en la arena después del deterioro ocasionado por el envejecimiento acelerado. En la segunda fecha de siembra se produjeron semillas con un mayor vigor, peso y calidad fisiológica que las obtenidas en la primera fecha. La mayor calidad fisiológica de la semilla obtenida en la segunda fecha se debió a que las plantas de la FS1 se cosecharon hasta que maduraron todas las plantas de una parcela, por lo que las más precoces pasaron mayor tiempo a la intemperie. En el caso de la FS2, la cosecha se realizó más rápido por que el efecto de las bajas temperaturas hizo que el ciclo de todas las variedades fuera más corto y la madurez más sincronizada. Por lo anterior, es recomendable realizar pruebas de calidad y vigor con semillas inmediatamente después de la madurez fisiológica de la misma dando un manejo similar a las distintas variedades.

Las características de la testa favorecieron las diferencias en calidad fisiológica y vigor entre las variedades evaluadas. La permeabilidad es la característica de mayor importancia en la testa y está relacionada con la entrada de agua, intercambio gaseoso, ingreso de patógenos, pérdida de reservas y respuesta al deterioro ocasionado por el ambiente. Se observó que las variedades de testa de color blanco fueron

más afectadas por el envejecimiento acelerado. Lo anterior, pudo estar relacionado con el grosor de la testa, ya que se ha demostrado en frijol común que testas más delgadas se agrietan y rompen fácilmente, absorben líquidos más rápidamente y son afectadas fácilmente por la humedad y temperatura del ambiente (Wyatt, 1977; Dickson, 1980; Roos, 1988). Además, el incremento de la permeabilidad de la testa provoca la aceleración de los procesos fisiológicos cuando la semillas se someten a envejecimiento artificial (Roos, 1988).

CONCLUSIONES

Las nueve variedades de frijol ayocote produjeron mayor rendimiento y calidad física de semilla en la siembra de mayo.

En la siembra de 17 de junio se obtuvo semilla de mayor calidad fisiológica debido a que ésta pasó durante la maduración una menor cantidad de tiempo expuesta al ambiente por efecto de bajas temperaturas que sincronizaron la maduración y vigor.

Las variedades de testa oscura, como Juchitepec y Tequesquinahuac, mostraron calidad fisiológica y vigor superior con respecto a las variedades de testa blanca, como Blanco CP y Blanco Tlaxcala.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la asesoría estadística al Dr. Fernando Castillo González, Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Basurto P., F.; Martínez C., D.; Castellanos V., A. y Martínez A., M. A. 1996. Ciclo agrícola y fenología de *Phaseolus coccineus* L. en sistemas de agricultura tradicional en la Sierra Norte de Puebla, México. *Etnoecológica* 3:71-81.
- Bernabé A., A. 2004. Respuesta del frijol a la fertilización foliar y densidad de población en rendimiento y calidad de semillas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Programa de Semillas.

- Montecillo, Texcoco, Estado de México. México. 154 p.
- Bustamante G., L. 1983. Semillas: control y evaluación de su calidad. *In*: Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. AMSAC. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p. 99-106.
- Castillo M., M.; Ramírez V., P.; Castillo G., F. y Miranda C., S. 2006. Diversidad morfológica de poblaciones nativas de frijol común y frijol ayocote del oriente del Estado de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:111-120.
- Copeland, O. L. and McDonald, M. B. 2001. Principles of seed science and technology. 3rd ed. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.
- Cruz P., A. B.; González H., V. A.; Mendoza C., M. C. y Ortega D., M. L. 2003. Marcadores fisiológicos de la tolerancia al envejecimiento de semilla en maíz. *Agrociencia* 37:371-381.
- Delouche, J. C. and Baskin, C. C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Tech.* 1:427-452.
- Dickson, M. H. 1980. Genetic aspects of seed quality. *Hort Sci.* 15:771-774.
- Esquivel E., G.; Acosta G., J. A.; Ortiz C., J.; Mendoza C., M. C. y Padilla R., J. S. 2004. Fenología y rendimiento de cuatro variedades de frijol en el Altiplano Central de México. *Agri. Téc. Méx.* 30(1):19-27.
- Filho, J. M. y Avancine, F. 1983. Tamanho da semente de feijao e desempenho do feijoeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* 18:1001-1008.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. Rules 2004. Zurich, Suiza. 243 p.
- Jacinto H., C. y Fernández H., P. 1993. Efecto de las heladas sobre factores nutrimentales y de calidad de frijol. *Rev. Fitotec. Mex.* 16:91-101.
- Knittle, K. H. and Burris, J. S. 1976. Effect of kernel maturation on subsequent seedling vigor in maize. *Crop Sci.* 16:851- 855.
- León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Servicio Editorial IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- Maude, R. B. 1996. Seedborne diseases and their control. Centre for Agriculture and Biosciences International. Oxon, UK. 280 p.
- Mc Donald, M. B. and Phaneedranath, N. R. 1978. A modified accelerated aging test for soybean. *Seed Sci. Tech.* 3:27- 37.
- Miranda C., S. 1979. Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus*. *In*: Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Engleman, M. E. (ed.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. p. 83-99.
- Roos, E. E. 1988. *Phaseolus* seed storage methodologies. *In*: Gepts, P. (ed.). Genetic resources of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, the Netherlands. p. 31-49.
- Shephard, H. L.; Naylor, R. E. L. and Stuchbury, T. 1995. The influence of seed maturity at harvest and drying method on the embryo-amylase activity and seed vigor in rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Sci. Tech.* 23:487-499.
- Vargas V., P. 2001. Como producir frijol ayocote Blanco "Tlaxcala" en el Distrito Federal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación de la Región Centro, Campo Experimental Valle de México. México. (Desplegable para productores No. 2). México.
- Vargas V., P. y Muruaga M., J. S. 1999. Optimización y densidad de siembra de frijol ayocote *Phaseolus coccineus* var. Blanco Tlaxcala. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación de la Región Centro, Campo Experimental Valle de México. 20 p. (Informe 1998).
- Vargas V., P.; Muruaga M., J. S. y Zavala O., J. 2000. Comparación de desarrollo de tres variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y una de frijol ayocote (*P. coccineus*). *Agric. Téc. Méx.* 26:173-181.
- Wyatt, J. E. 1977. Seed coat and water absorption properties of seed near-isogenic snap bean lines differing in seed coat color. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:478-480.