

EFECTO DE LA SEQUÍA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y GRANO DE FRIJOL*

DROUGHT EFFECT IN BEAN BIOMASS AND GRAIN PRODUCTION

Efraín Acosta-Díaz^{1§}, Ismael Hernández-Torres¹, Raúl Rodríguez-Guerra¹, Jorge Alberto Acosta-Gallegos², Jesús Pedroza-Flores³, Mario D. Amador-Ramírez⁴ y José Saúl Padilla-Ramírez⁵

¹Campo Experimental General Terán. INIFAP. General Terán, Nuevo León, México. A. P. 3. C. P. 67400. Tel. 01 826 2670260. (acostaefrain@yahoo.com.mx). ²Campo Experimental Bajío. INIFAP. Celaya, Guanajuato, México. A. P. 112. C. P. 38110. Tel. 01 461 6115323. Ext. 200. (jamk@prodigy.net.mx). ³Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Aramberri, Nuevo León, México. Tel. 01 826 2695146. (japedrozaf@hotmail.com). ⁴Campo Experimental Calera. INIFAP. Calera de V. Rosales, Zacatecas, México. A. P. 18. C. P. 98500. Tel. 01 478 9850198. (amadorm@inifapzac.sagarpa.gob.mx). ⁵Campo Experimental Pabellón. INIFAP. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México. A. P. 20. C. P. 26200. Tel. 01 465 9580167. (jsaulpr@yahoo.com). [§]Autor para correspondencia: acosta.efrain@inifap.gob.mx.

RESUMEN

La sequía intermitente es el factor que más limita la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo temporal en México. El objetivo fue determinar el efecto de la sequía sobre la acumulación de biomasa del vástago y el rendimiento de grano en variedades criollas e introducidas de frijol de temporal. Se establecieron dos experimentos, uno con 21 variedades nativas y otro con 15 variedades introducidas, de diferente hábito de crecimiento indeterminado, en la Unidad Académica La Ascensión de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México en 2009. Los experimentos se condujeron bajo dos tratamientos de humedad del suelo: riego durante todo el ciclo y sequía. En el tratamiento de riego el suelo se mantuvo por encima de 60% de humedad aprovechable durante el ciclo del cultivo, mediante la precipitación y cuatro riegos de auxilio (dos antes y otros dos después de floración), mientras que en el tratamiento de sequía el riego se suspendió a partir del inicio de la floración. En los dos experimentos, bajo la condición de sequía la acumulación de biomasa del vástago y el rendimiento de grano fue significativamente inferior ($p \leq 0.01$) que en el tratamiento de riego. En general, el efecto del tratamiento de sequía sobre el peso seco del vástago fue mayor en las variedades nativas, mientras que el efecto sobre el rendimiento de grano fue mayor en las

ABSTRACT

Intermittent drought is most limiting factor for bean production (*Phaseolus vulgaris* L.) under seasonal conditions in Mexico. Aim of this work was to determine drought effect on biomass accumulation of sprout and grain yield in creole and introduced seasonal bean varieties. Two experiments were set, one with 21 native varieties and another with 15 introduced varieties, from different uncertain type growth habit, at Academic Unit La Ascención from Agronomy School of Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico in 2009. Experiments were done under two treatments of soil humidity: irrigation during whole cycle and drought. In irrigation treatment soil was kept above 60% of serviceable humidity during cultivation cycle, by precipitation and four irrigation aids (two before and other two after flowering), while in treatment of drought irrigation was suspended when flowering started. In both experiments, under drought condition biomass accumulation of sprout and grain yield was significantly lower ($p \leq 0.01$) than in irrigation treatment. In general, effect of drought treatment on sprout's dry weight was greater in native varieties, while effect on grain yield was greater in introduced varieties. In drought, varieties with higher yield were: native,

* Recibido: agosto de 2010
Aceptado: marzo de 2011

variedades introducidas. En sequía, las variedades de mayor rendimiento, fueron: nativas, Pinto-2, Pinto-1, Amarillo Mantequilla, Boleado, Bayo Blanco, Canelo y Quipincillo Rojo-1 e introducidas, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-5 y Ojo de Cabra. De acuerdo con el índice de susceptibilidad a la sequía y la media geométrica, las variedades más eficientes para la producción de rendimiento de grano en ambas condiciones de humedad fueron: Pinto-2, Amarillo Mantequilla, Pinto-1, Boleado, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-5 y Ojo de Cabra; sin excepción, todas estas variedades fueron colectadas en la región de prueba, lo que demuestra la importancia de la adaptación local en condiciones de sequía.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., índice de susceptibilidad a sequía, media geométrica; variedades introducidas, variedades nativas.

INTRODUCCIÓN

En México, alrededor de 85% de frijol se cultiva en condiciones de temporal, con un rendimiento promedio de 450 kg ha⁻¹ (SAGARPA, 2006), ya que el cultivo se desarrolla con un régimen de precipitación deficitario y errático, registrándose con frecuencia períodos de sequía intermitente, la cual puede ocurrir en cualquiera de las etapas de desarrollo del cultivo (Acosta-Gallegos *et al.*, 1998). En éste sistema de producción, la utilización de variedades de frijol tolerantes al estrés hídrico, es una alternativa práctica y económica para disminuir los efectos negativos de la sequía (Ramírez-Vallejo y Kelly, 1998).

Con respecto a la acumulación de biomasa del vástago y el rendimiento de grano del frijol, se ha determinado que la etapa reproductiva, la cual comprende las fases posteriores a la floración, es la más sensible al estrés hídrico que en las fases vegetativas, debido al incremento en la demanda de asimilados por las estructuras reproductivas (Laing *et al.*, 1984; Acosta-Gallegos y Kohashi-Shibata, 1989). La precipitación acumulada durante la etapa reproductiva es determinante para el rendimiento de frijol bajo temporal (Padilla *et al.*, 2004).

El frijol no es reconocido como una especie resistente a la sequía; sin embargo, posee características que confieren escape (precocidad), evasión y tolerancia a la deshidratación,

Pinto-2, Pinto-1, Amarillo Mantequilla, Boleado, Bayo Blanco, Canelo and Quipincillo Rojo-1; and introduced, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-5 and Ojo de Cabra. In accordance with drought susceptibility index and geometric average, most efficient varieties for production of grain yield under both humidity conditions were: Pinto-2, Amarillo Mantequilla, Pinto-1, Boleado, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-5 and Ojo de Cabra; without exception, all these varieties were collected in test region, which demonstrates importance of local adaptation under drought conditions.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., geometric average; introduced varieties, native varieties, susceptibility to drought index.

INTRODUCTION

In Mexico, around 85% of bean is cultivated under seasonal conditions, with an average yield of 450 kg ha⁻¹ (SAGARPA, 2006), since cultivation is developed with a deficit and erratic precipitation regime, frequently recording periods of intermittent drought, which could occur during any of development stages of cultivation (Acosta-Gallegos *et al.*, 1998). In this production system, use of bean varieties tolerant to hydric stress is a practical and economic alternative to diminish drought negative effects (Ramírez-Vallejo and Kelly, 1998).

With regard to accumulation of sprout biomass and grain yield of bean, it has been determined that reproductive stage, which embraces later phases to flowering, is the most sensitive to hydric stress than in vegetative phases, due to increment in assimilated demand by reproductive structures (Laing *et al.*, 1984; Acosta-Gallegos and Kohashi-Shibata, 1989). Accumulated precipitation during reproductive stage is decisive for bean yield under seasonal conditions (Padilla *et al.*, 2004).

Bean is not recognized as a drought resistant species; however, has characteristics that confer escape (precocity), evasion and tolerance to dehydration that should be identified and used in a genetic improvement program. Identification of genotypes with these characteristics, such as BAT 477, SEQ 12, Pinto Villa, Bayo Criollo el Llano, Pinto Zapata, Ica Palmar and

que se deben identificar y utilizar en un programa de mejoramiento genético. La identificación de genotipos con estas características, como BAT 477, SEQ 12, Pinto Villa, Bayo Criollo el Llano, Pinto Zapata, Ica Palmar y Pinto Zapata, se ha basado principalmente en experimentos que se establecen en condiciones de temporal y manejo de riegos (Acosta-Gallegos *et al.*, 1998; Acosta-Díaz *et al.*, 2004). Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de sequía en la acumulación de biomasa del vástago y rendimiento de grano en variedades de frijol de diferente estatus genético, cultivadas en condiciones de temporal en la región sur del estado de Nuevo León.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad de prueba y diseño experimental

Se establecieron dos experimentos durante el ciclo primavera-verano de 2009, con variedades de frijol de diferente estatus genético en dos condiciones de humedad: temporal + riego total y temporal + riego parcial; en un experimento se incluyeron variedades nativas y en el otro, variedades introducidas. Los experimentos se establecieron en la Unidad Académica La Ascensión (22° 20' 14" latitud norte, 99° 56' 35.9" longitud oeste y 2 003 msnm) de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, ubicada en Aramberri, Nuevo León, México. El clima del sitio experimental corresponde al semiseco (BS), con un régimen de lluvias en verano que varía de 300 a 500 mm anuales (García, 1988). El suelo pertenece al tipo Xerosol (FAO, 1989), calcáreo, de textura franca-arcilloso, poco profundo y de baja fertilidad; con una capacidad de campo de 20.2 y 19.8% y un punto de marchitez permanente de 10.9 y 10.7% para los estratos de 0-30 y 30-60 cm de profundidad, respectivamente.

La siembra se realizó manualmente en tierra húmeda el 10 de junio de 2009. La distancia entre surcos fue de 0.76 m y 0.1 m entre plantas, con lo que se obtuvo una densidad de 131 578 plantas por hectárea. Al momento de la siembra se fertilizó con la dosis de 30-60-00 (N-P₂O₅-K₂O), utilizando como fuentes fosfato de amonio y superfosfato de calcio triple. Se realizaron dos escardas mecánicas a los 20 y 40 días después de la siembra (DDS) para eliminar la maleza presente y aporcar las plantas.

Pinto Zapata, has been based mainly on experiments set under seasonal rain conditions and irrigation handling (Acosta-Gallegos *et al.*, 1998; Acosta-Díaz *et al.*, 2004). Therefore, aim of present investigation was to determine drought effect in biomass accumulation of sprout and grain yield in bean varieties of different genetic status, cultivated under seasonal conditions in south region of state of Nuevo León.

MATERIALS AND METHODS

Test locality and experimental design

Two experiments were set during 2009 spring-summer cycle, with bean varieties of different genetic status under two humidity conditions: seasonal + total irrigation and seasonal + partial irrigation; in an experiment native varieties were included and in the other one, introduced varieties. Experiments were set in Academic Unit La Ascensión (22° 20' 14" north latitude, 99° 56' 35.9" west longitude and 2 003 masl) from Agronomy School of Universidad Autónoma de Nuevo León, located in Aramberri, Nuevo León, Mexico. Weather of experimental locality corresponds to semi-dry (BS), with a regime of rains in summer that ranges from 300 to 500 mm yearly (García, 1988). The soil belongs to xerosol type (FAO, 1989), calcareous, of free clay texture, not very deep and of low fertility; with a capacity of field of 20.2 and 19.8% and a point of permanent wilting of 10.9 and 10.7% for strata of 0-30 and 30-60 cm depth, respectively.

Planting was carried out manually in humid soil on June 10th, 2009. Distance between furrows was 0.76 m and 0.1 m between plants, obtaining a density of 131 578 plants per hectare. At the moment of planting was fertilized with a dose of 30-60-00 (N-P₂O₅-K₂O), using as sources ammonium phosphate and triple calcium superphosphate. There were carried out two mechanical weeding at 20 and 40 days after planting (DDS) to eliminate existent overgrowth and ridging the plants.

There were carried out two preventive agrochemical applications (July 15th and August 10th) with mixture of gusathion and agricultural terramycin at 5%, in dose of 0.5 and 0.25 L ha⁻¹, respectively, diluted in 100 L of water.

Se realizaron dos aplicaciones preventivas de agroquímicos (15 de julio y 10 de agosto) con la mezcla de gusación y terramicina agrícola al 5%, en dosis de 0.5 y 0.25 L ha⁻¹, respectivamente, diluida en 100 L de agua.

El gusación se aplicó para evitar el ataque de conchuela (*Epilachna varivestis*), diabrótica (*Diabrotica* spp.) y chicharrita (*Empoasca kraemeri*), mientras que la terramicina se utilizó para prevenir y controlar el tizón común (*Xantomonas campestris* pv. *phaseoli*) y tizón de halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*).

Las variedades se evaluaron en dos condiciones de humedad del suelo, riego y sequía. En el tratamiento de riego el suelo se mantuvo con una humedad aprovechable superior al 60% durante el ciclo de cultivo, mediante la precipitación más cuatro riegos de auxilio de 5 cm de lámina cada uno, aplicados a 10, 40, 64 y 80 DDS (Figura 1), correspondientes a las etapas de desarrollo de emergencia, floración, formación de vainas y llenado de vainas, respectivamente. La cantidad de agua suplementaria fue suficiente para obtener un buen desarrollo del cultivo, ya que las plantas no mostraron síntomas por déficit hídrico. En el tratamiento de sequía la humedad del suelo dependió de la precipitación y los dos riegos de auxilio.

En los dos experimentos se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con distribución de tratamientos en bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento de humedad del suelo. En la parcela grande se distribuyeron los tratamientos de humedad del suelo, mientras que en las parcelas chicas se establecieron las variedades de frijol. La unidad experimental consistió de un surco de 5 m de longitud y 0.76 m de separación entre ellos.

Material genético

En un experimento se evaluaron 21 variedades nativas de frijol y en otro 15 variedades introducidas. Estas variedades son de diferente estatus genético (Cuadro 1) y hábito de crecimiento (López *et al.*, 1985). En el experimento de variedades introducidas, Pinto Saltillo, Peruano, Pinto Americano y Rojo Americano son variedades mejoradas, el resto son variedades criollas colectadas en la región sur del estado de Nuevo León (Acosta-Díaz *et al.*, 2009a).

Gusathion was applied to avoid the Mexican bean beetle attack (*Epilachna varivestis*), diabrótica (*Diabrotica* spp.) and cicada (*Empoasca kraemeri*), while terramycin was used to prevent and to control common bacterial blight (*Xantomonas campestris* pv. *phaseoli*) and halo blight (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*).

Varieties were evaluated in two conditions of soil humidity, irrigation and drought. In irrigation treatment soil was kept above 60% of serviceable humidity during cultivation cycle, by means of precipitation plus four helping irrigations of 5 cm sheet each one, applied at 10, 40, 64 and 80 DDS (Figure 1), corresponding to stages of emergence development, flowering, sheaths formation and sheaths filling, respectively. Quantity of complementary water was enough to obtain good cultivation development, since plants did not show symptoms per hydric deficit. In drought treatment soil humidity depended on precipitation and two helping irrigations.

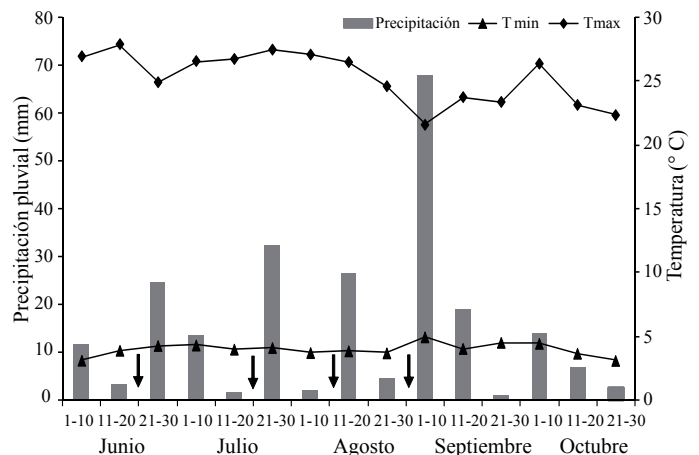


Figura 1. Precipitación acumulada y promedios de temperatura máxima y mínima en periodos decenales durante los meses de desarrollo del cultivo. Las flechas indican la aplicación del riego de auxilio.

Figure 1. Accumulated precipitation and maximum and minimum temperature averages in decennial periods during months of cultivation development. Arrows indicate application of helping irrigation.

In the two experiments an experimental design of plots was used divided with distribution of treatments in complete blocks at random with three repetitions for treatment soil humidity. In big plot treatments of soil humidity were distributed, while in small plot

Cuadro 1. Variedades de frijol de diferente estatus genético utilizadas en dos experimentos en La Ascensión, Nuevo León, 2009.**Table 1. Bean varieties from different genetic status used in two experiments at La Ascensión, Nuevo León, 2009.**

Variedad	Municipio de origen [†]	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (m)	Hábito de crecimiento [‡]	Tamaño del grano [§]
Experimento de variedades nativas de frijol						
Canelo	Galeana	24° 42'	100° 01'	1 757	III	Mediano
Caña Morada	Galeana	24° 42'	100° 04'	1 809	III	Pequeño
Negro Opaco	Galeana	24° 53'	100° 10'	1 872	II	Pequeño
Quipincillo Rojo-1	Aramberri	24° 26'	99° 56'	2 277	III	Pequeño
Pinto-1	Aramberri	24° 26'	99° 56'	2 276	III	Grande
Pinto-2	Aramberri	24° 22'	99° 54'	2 038	III	Mediano
Flor de Mayo-1	Aramberri	24° 19'	99° 54'	1 963	III	Mediano
Bayo Blanco	Aramberri	24° 19'	99° 54'	1 963	III	Mediano
Flor de Mayo-2	Aramberri	24° 14'	99° 62'	2 000	III	Mediano
Bayo-1	Aramberri	24° 10'	99° 54'	1 838	III	Mediano
Color de Rosa	Aramberri	24° 08'	100° 03'	1 589	III	Pequeño
Almohadilla Bayo Alto	Dr. Arroyo	23° 51'	100° 29'	1 822	III	Grande
Huevo de Chico	Dr. Arroyo	23° 51'	100° 29'	1 822	III	Pequeño
Quipincillo Rojo-2	Dr. Arroyo	23° 51'	100° 29'	1 822	III	Mediano
Bayo-2	Dr. Arroyo	23° 42'	100° 18'	1 807	III	Mediano
Boleado	Dr. Arroyo	23° 50'	100° 13'	2 246	III	Grande
Amarillo Alto	Mier y Noriega	23° 21'	100° 19'	1 843	IV	Grande
Saguin	Zaragoza	23° 57'	99° 46'	1 413	IV	Pequeño
Amarillo Mantequilla	Zaragoza	23° 57'	99° 46'	1 413	IV	Pequeño
Rojo Oscuro	Aramberri	23° 67'	99° 46'	1 429	IV	Mediano
Guadalupano	Dr. Arroyo	24° 42'	100° 03'	1 802	IV	Grande
Experimento de variedades introducidas de frijol						
Pinto-3	Galeana	24° 36'	100° 17'	1 901	III	Grande
Flor de Mayo-1	Galeana	24° 40'	100° 14'	1 890	III	Grande
Pinto Saltillo	Galeana	24° 42'	100° 04'	1 860	III	Mediano
Rebosero	Dr. Arroyo	24° 42'	100° 03'	1 802	IV	Grande
Peruano	Galeana	24° 42'	100° 01'	1 757	III	Grande
Bayo Gordo	Galeana	24° 42'	100° 01'	1 757	II	Grande
Ojo de Cabra	Galeana	24° 42'	100° 01'	1 757	III	Grande
Pinto-4	Galeana	24° 53'	100° 10'	1 872	III	Mediano
Pinto-5	Aramberri	24° 26'	99° 56'	2 276	III	Mediano
Pinto-6	Aramberri	24° 12'	99° 51'	1 970	III	Mediano
Rojo Americano	Aramberri	24° 08'	100° 05'	1 589	IV	Mediano
Pinto Americano	Aramberri	24° 08'	100° 03'	1 589	III	Mediano
Pinto Texano	Aramberri	24° 08'	100° 03'	1 589	III	Mediano
Pinto-7	Dr. Arroyo	24° 26'	99° 56'	2 276	III	Grande
Flor de Mayo Media Oreja	Aramberri	24° 08'	100° 03'	1 589	III	Mediano

[†]= Acosta-Díaz *et al.* (2009a); [‡]= López *et al.* (1985); [§]= White e Izquierdo (1991).

Características fenológicas

Se registraron los días a la floración (DF), los cuales se definieron como los días transcurridos después de la siembra, hasta cuando 50% de las plantas en una parcela presentaron al menos una flor abierta. Los días a la madurez fisiológica (DMF), se definieron como los días transcurridos después de la siembra, hasta cuando 90% de las vainas en 50% de las plantas perdieron su pigmentación verde. Con éstas características fenológicas se calculó el número de días de llenado del grano (DLLG= DMF-DF).

Biomasa y rendimiento de grano

A la cosecha se determinó la biomasa del vástago y el rendimiento de grano (g m^{-2}). Todas las partes de la planta, excepto el grano, se secaron a 70°C por 72 h.

Índice de cosecha, índice de susceptibilidad a la sequía y media geométrica

El índice de cosecha se calculó con la siguiente ecuación: $\text{IC} = (\text{rg}_i/\text{rb}_i) * 100$; donde: rg_i = rendimiento de grano de la i -ésima variedad y rb_i es el rendimiento de biomasa de la i -ésima variedad (Schneider *et al.*, 1997; Ramírez y Kelly, 1998). La reducción del rendimiento por efecto del estrés hídrico se calculó con la siguiente expresión: $\text{reducción} = [1 - (\text{rs}_i/\text{rr}_i)] * 100$; donde: rs_i =rendimiento de grano en los tratamientos de sequía para la i -ésima variedad; rr_i = rendimiento de grano en el tratamiento de riego para la i -ésima variedad.

El índice de susceptibilidad a la sequía se calculó con la siguiente ecuación: $\text{ISS} = [1 - (\text{rs}_i/\text{rr}_i)]/\text{IIS}$; donde: IIS = índice de intensidad de sequía. Este se calculó con la siguiente expresión: $\text{IIS} = (\text{Rs}/\text{Rr}) * 100$; donde: Rs = rendimiento promedio de grano de los genotipos en los tratamientos de sequía; Rr = rendimiento promedio de grano de los genotipos en riego (Fishery Maurer, 1978). La media geométrica se calculó con la siguiente expresión (Fisher y Maurer, 1978): $\text{MG} = (\text{rs}_i * \text{rr}_i)^{1/2}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características fenológicas

Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre condiciones de humedad del suelo, genotipos e interacción condición de humedad*genotipo para los días a

bean varieties were set. Experimental unit consisted of a furrow of 5 m length and 0.76 m of separation between them.

Genetic material

In an experiment 21 native bean varieties were evaluated and in another 15 introduced varieties were evaluated. These are of different genetic status (Table 1) and growth habit (López *et al.*, 1985). In experiment of introduced varieties, Pinto Saltillo, Peruano, Pinto Americano and Rojo Americano are improved varieties, the rest are creole varieties collected in south region of state Nuevo León (Acosta-Díaz *et al.*, 2009a).

Phenological characteristics

There were recorded days to flowering (DF), which were defined as days elapsed after planting, up to when 50% of plants in a plot presented at least one open flower. Days to physiologic maturity (DMF), were defined as days elapsed after planting, up to when 90% of sheaths in 50% of plants lost their green pigmentation. With these phenological characteristics was calculated number of days of filled with grain (DLLG = DMF-DF).

Biomass and grain yield

To crop was determined sprout's biomass and grain yield (g m^{-2}). All parts of the plant, except grain, were dried off at 70°C for 72 h.

Crop index, susceptibility to drought index and geometric average

Crop index was calculated with following equation: $\text{IC} = (\text{rg}_i/\text{rb}_i) * 100$; where: rg_i = grain yield of i -th variety and rb_i is biomass yield of i -th variety (Schneider *et al.*, 1997; Ramírez and Kelly, 1998). Yield reduction by hydric stress effect was calculated with as follows: $\text{reduction} = [1 - (\text{rs}_i/\text{rr}_i)] * 100$; where: rs_i = grain yield in drought treatments for i -th variety; rr_i = grain yield in irrigation treatment for i -th variety.

Susceptibility to drought index was calculated with following equation: $\text{ISS} = [1 - (\text{rs}_i/\text{rr}_i)]/\text{IIS}$; where: IIS = intensity of drought index. This was calculated with following expression: $\text{IIS} = (\text{Rs}/\text{Rr}) * 100$; where: Rs = average grain yield of genotypes in drought treatments;

madurez fisiológica y periodo de llenado de grano en los dos experimentos, variedades nativas y variedades introducidas (datos no presentados). En el experimento de variedades nativas, se observó variación amplia en cuanto al número de días para alcanzar las etapas fenológicas estudiadas.

En las variedades Almohadilla Bayo Alto, Huevo de Chico, Amarillo Alto, Saguin y Rojo Oscuro no se cuantificaron los días a madurez fisiológica, debido que fueron afectados por temperaturas menores 0 °C registradas a partir del 31 de octubre, fecha en la cual se cosecharon, con la consecuente reducción en la producción de grano. Estas variedades son de ciclo largo y hábito de crecimiento indeterminado Tipo IV, las cuales fueron colectadas en sitios donde las lluvias se inician en mayo o han sido utilizadas en microclimas en donde es posible realizar siembras tempranas o donde no ocurren heladas tempranas. Por otro lado, las variedades Color de Rosa y Pinto-1 fueron las más precoces para iniciar la floración.

En el tratamiento de sequía los días a la madurez fisiológica y la etapa de llenado del grano en los dos experimentos, fueron significativamente inferiores en relación al tratamiento de riego. El efecto promedio de la sequía sobre los días a madurez fisiológica y del llenado de grano, fue una reducción de 12 y 16 días en los experimentos de variedades nativas e introducidas, respectivamente. Este efecto fue mayor en: Flor de Mayo-2, Bayo-1, Quipincillo Rojo-2, Quipincillo Rojo-1, Amarillo Mantequilla y Pinto-1 en el experimento de variedades nativas, y Rebosero, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto Saltillo, Ojo de Cabra, Pinto-4, Pinto-5 y Pinto-6, en el experimento de variedades introducidas (Cuadro 2).

Rr = average grain yield of genotypes in irrigation (Fisher and Maurer, 1978). Geometric average was calculated with following expression (Fisher and Maurer, 1978): $MG = (rs_i * rr_i)^{1/2}$.

RESULTS AND DISCUSSION

Phenological characteristics

There were observed highly significant differences ($p \leq 0.01$) between soil humidity conditions, genotypes and interaction humidity condition*genotype for days to physiologic maturity and period of filling grain in the two experiments, native varieties and introduced varieties (data not presented). In experiment of native varieties, was observed wide variation as for number of days to reach studied phenological stages.

In varieties Almohadilla Bayo Alto, Huevo de Chico, Amarillo Alto, Saguin and Rojo Oscuro days to physiologic maturity were not quantified, due that they were affected by temperatures below 0 °C recorded since October 31st, date in which were harvested, with consequent reduction in grain production. These varieties are of long cycle and Type IV uncertain growth habit, which were collected in places where rains begin in May or they have been used in microclimates where is possible to carry out early planting or where there are no early frosts. On the other hand, varieties Color de Rosa and Pinto-1 were the most precocious to begin flowering.

Cuadro 2. Frijol de diferente origen, sembradas en dos condiciones de humedad del suelo en La Ascensión, Nuevo León, 2009.
Table 2. Bean of different origin sowed under two conditions of soil humidity at La Ascensión, Nuevo León, 2009.

Variedad	Días a floración		Días a madurez fisiológica		Duración de llenado del grano (días)	
	Riego ¹	Riego ¹	Sequía ²	Sequía ²	Riego ¹	Sequía ²
Experimento de variedades nativas de frijol						
Canelo	60	120	108	108	60	48
Caña Morada	64	120	110	110	56	46
Negro Opaco	62	118	113	113	56	51
Quipincillo Rojo-1	84	140	125	125	56	41
Pinto-1	49	120	106	106	71	57
Pinto-2	59	123	118	118	64	59
Flor de Mayo-1	60	128	116	116	68	56
Bayo Blanco	87	143	126	126	43	39
Flor de Mayo-2	54	128	115	115	74	61
Bayo-1	71	133	113	113	62	42
Color de Rosa	43	90	82	82	47	39
Almohadilla Bayo Alto	97	---	---	---	---	---

¹=humedad aprovechable superior a 60% durante el ciclo del cultivo, con base a la precipitación registrada más cuatro riegos; ²=humedad del suelo con base a la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo más dos riegos de auxilio.

Cuadro 2. Frijol de diferente origen, sembradas en dos condiciones de humedad del suelo en La Ascensión, Nuevo León, 2009 (Continuación).**Table 2. Bean of different origin sowed under two conditions of soil humidity at La Ascensión, Nuevo León, 2009 (Continuation).**

Variedad	Días a floración		Días a madurez fisiológica		Duración de llenado del grano (días)	
	Riego ¹	Riego ¹	Sequía ²	Riego ¹	Sequía ²	
Huevo de Chico	98	---	---	---	---	
Quipincillo Rojo-2	85	142	126	57	41	
Bayo-2	94	148	135	54	41	
Boleado	60	125	115	65	55	
Amarillo Alto	118	---	---	---	---	
Saguin	123	---	---	---	---	
Amarillo Mantequilla	64	121	107	57	43	
Rojo Oscuro	92	---	---	---	---	
Guadalupano	74	130	120	56	46	
Promedio	76.1	126.8	114.7	59.1	45.1	
DMS (0.05)	0.09	1.11	1.01	0.08	0.08	
Experimento de variedades introducidas de frijol						
Pinto-3	58	120	110	62	52	
Flor de Mayo-1	63	127	112	64	49	
Pinto Saltillo	61	128	110	67	39	
Rebosero	84	145	124	61	40	
Peruano	63	130	115	67	52	
Bayo Gordo	63	129	116	66	53	
Ojo de Cabra	61	127	108	66	47	
Pinto-4	49	123	106	74	57	
Pinto-5	61	126	109	65	48	
Pinto-6	55	123	106	68	51	
Rojo Americano	58	117	102	59	44	
Pinto Americano	40	113	99	73	59	
Pinto Texano	47	95	81	48	34	
Pinto-7	40	88	76	48	36	
Flor de Mayo Media Oreja	61	131	112	70	51	
\bar{X}	57.6	121.5	105.4	63.9	47.5	
DMS (0.05)	0.08	1.06	1	0.08	0.07	

¹=humedad aprovechable superior a 60% durante el ciclo del cultivo, con base a la precipitación registrada más cuatro riegos; ²=humedad del suelo con base a la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo más dos riegos de auxilio.

Esta reducción coincide con los resultados obtenidos en otras investigaciones, realizadas con diferentes genotipos sometidos a estrés hídrico (Acosta-Gallegos y Kohashi Shibata, 1989; Ramírez-Vallejo y Kelly, 1998; Rosales-Serna *et al.*, 2001; Acosta-Díaz *et al.*, 2004). Este aceleramiento de la madurez por lo general se observa cuando el tratamiento de sequía es de duración prolongada, durante la fase reproductiva y no existen condiciones favorables para la recuperación de las variedades (Ramírez y Kelly, 1998; Rosales-Serna *et al.*, 2001).

La reducción máxima del periodo de llenado del grano debida al aceleramiento de la madurez se presentó en las variedades: Flor de Mayo-2, Bayo-1, Quipincillo Rojo-2, Quipincillo Rojo-1, Amarillo Mantequilla, Pinto-1, Rebosero, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto Saltillo y Ojo

In drought treatment days to physiologic maturity and stage of grain filling in the two experiments, they were significantly inferior in relation to irrigation treatment (data not presented). Average effect of drought on days to physiologic maturity and on the days to grain fill, was a reduction of 12 and 16 days in experiments of native and introduced varieties, respectively. This effect was greater in: Flor de Mayo-2, Bayo-1, Quipincillo Rojo-2, Quipincillo Rojo-1, Amarillo Mantequilla and Pinto-1 in experiment of native varieties, and Rebosero Rebosero, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto Saltillo, Ojo de Cabra, Pinto-4, Pinto-5 and Pinto-6, among others, in experiment of introduced varieties (Table 2).

This reduction coincides with results obtained in other investigations, carried out with different genotypes subjected to hydric stress (Acosta-Gallegos and Kohashi-

de Cabra, genotipos del mismo hábito de crecimiento y pertenecientes a diferente estatus genético. Efectos similares de la sequía intermitente sobre la fenología han sido reportados con anterioridad en frijol (Acosta-Gallegos y Kohashi-Shibata, 1989; Ramírez y Kelly, 1998). La respuesta y acoplamiento de la fenología del cultivo a los factores ambientales y patrones de lluvia, ha sido reconocida como un criterio importante para el mejoramiento de la resistencia a la sequía en frijol (Ludlow y Muchow, 1990; Acosta-Gallegos y Adams, 1991; Acosta-Gallegos y White, 1995; Ramírez y Kelly, 1998).

Biomasa, rendimiento de grano e índice de intensidad de sequía (IIS)

El tratamiento de sequía mostró una reducción en el rendimiento en todas las variedades con respecto al tratamiento de riego. El IIS está representado por la reducción promedio de rendimiento de grano, el cual fue de 0.53 en el experimento de variedades nativas y de 0.52 en el de variedades introducidas. Este nivel de sequía es similar al obtenido en trabajos previos conducidos con variedades mejoradas de frijol bajo condiciones de temporal en el Altiplano Semiárido de México (IIS= 0.49, Schneider *et al.*, 1997; IIS=0.48, Rosales-Serna *et al.*, 2004;) pero es menor que el reportado en condiciones de sequía controlada en invernadero en Michigan, USA (IIS= 0.63, Ramírez-Vallejo and Kelly, 1998).

Se observaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre condiciones de humedad del suelo, variedades e interacción condición de humedad*variedad para la biomasa del vástago y rendimiento de grano en ambos experimentos. La reducción promedio en las variedades por la sequía fue mayor para el rendimiento de grano que para la acumulación de biomasa en el vástago en los dos experimentos (Cuadro 3). Esta respuesta anterior se debió a que las condiciones de humedad en el tratamiento de sequía, se tornaron más severas hacia el final del ciclo de cultivo, cuando la biomasa del vástago ya se había definido, mientras que el grano aún estaba en formación, afectando adversamente su tamaño. Resultados similares han sido consignados por otros autores (Acosta-Gallegos y Kohashi-Shibata, 1989; Acosta-Gallegos y Adams, 1991; Ramírez y Kelly, 1998; Acosta-Díaz *et al.*, 2009b).

Shibata, 1989; Ramírez-Vallejo and Kelly, 1998; Rosales-Serna *et al.*, 2001; Acosta-Díaz *et al.*, 2004;). This acceleration of maturity in general is observed when drought treatment is of long duration, during reproductive phase and there are no favorable conditions for recovery of varieties (Ramírez and Kelly, 1998; Rosales-Serna *et al.*, 2001).

Maximum reduction of period of filling grain due to acceleration of maturity arised in varieties: Flor de Mayo-2, Bayo-1, Quipincillo Rojo-2, Quipincillo Rojo-1, Amarillo Mantequilla, Pinto-1, Rebozero, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto Saltillo and Ojo de Cabra, genotypes of same growth habit and belonging to different genetic status. Similar effects of intermittent drought on phenology have been previously reported in bean (Acosta-Gallegos and Kohashi-Shibata, 1989; Ramírez and Kelly, 1998). Response and coupling of cultivation phenology to environmental factors and rain patterns, has been recognized as an important approach for improvement of bean resistance to drought (Ludlow and Muchow, 1990; Acosta-Gallegos and Adams, 1991; Acosta-Gallegos and White, 1995; Ramírez and Kelly, 1998).

Biomass, grain yield and index of drought intensity (IIS)

Drought treatment showed yield reduction in all varieties with regard to irrigation treatment. IIS is represented by the average reduction of grain yield, which was of 0.53 in the experiment of native varieties and of 0.52 in that of introduced varieties. This drought level is similar to the one obtained in previous works driven with improved varieties of bean under seasonal conditions in Semi-arid Highland of Mexico (IIS=0.49, Schneider *et al.*, 1997; IIS=0.48, Rosales-Serna *et al.*, 2004) but is smaller than the one reported under controlled drought conditions in greenhouse in Michigan, USA (IIS= 0.63, Ramírez-Vallejo and Kelly, 1998).

There were observed highly significant differences ($p \leq 0.01$) among conditions of soil humidity, varieties and interaction humidity condition*variety for sprout's biomass and grain yield in both experiments. Average reduction in varieties due drought was greater for grain yield than for accumulation of biomass in the sprout in the two experiments (Table 3). This response was due humidity conditions in drought treatment become more severe at the end of cultivation cycle, when sprout biomass had already been defined, while grain was still in formation, adversely affecting its size. Similar results

Cuadro 3. Variedades de frijol de diferente origen, sembradas en dos condiciones de humedad del suelo en La Ascensión, Nuevo León, 2009.**Table 3. Bean Varieties of from different origin, sowed under two conditions of soil humidity at La Ascensión, Nuevo León, 2009.**

Variedad	Biomasa del vástago (g m ⁻²)		Rendimiento de grano (g m ⁻²)		Reducción por sequía (%)	
	Riego ¹	Sequía ²	Riego ¹	Sequía ²	Biomasa	Rendimiento
Experimento de variedades nativas de frijol						
Canelo	580	331	207	125	43	66
Caña Morada	464	166	127	51	179	149
Negro Opaco	564	133	164	94	324	74
Quipincillo Rojo-1	548	325	252	121	69	108
Pinto-1	718	512	213	147	40	45
Pinto-2	615	507	228	170	21	34
Flor de Mayo-1	703	459	169	66	53	156
Bayo Blanco	335	294	162	130	14	25
Flor de Mayo-2	787	333	270	69	136	291
Bayo-1	387	217	171	105	78	63
Color de Rosa	545	349	48	10	56	380
Almohadilla Bayo Alto	624	356	8	4	90	100
Huevo de Chico	676	355	80	48	90	67
Quipincillo Rojo-2	290	180	134	78	61	72
Bayo-2	643	451	78	23	42	239
Boleado	482	368	253	136	31	86
Amarillo Alto	861	391	34	7	120	385
Saguin	568	342	5	2	66	150
Amarillo Mantequilla	851	380	255	137	124	86
Rojo Oscuro	811	394	5	3	106	67
Guadalupano	760	372	92	49	104	88
Promedio	610	344	141	75	87.9	130.0
DMS (0.05)	5.49	4.92	6.65	8.17	-----	-----
Experimento de variedades introducidas de frijol						
Pinto-1	383	259	143	120	48	19
Flor de Mayo-1	550	268	104	87	105	19
Pinto Saltillo	379	196	172	103	93	67
Rebosero	647	430	161	39	50	312
Peruano	687	524	287	180	31	59
Bayo Gordo	656	218	238	53	201	349
Ojo de Cabra	629	373	214	110	69	94
Pinto-2	743	504	204	82	99	149
Pinto-3	599	434	208	121	38	72
Pinto-4	535	450	203	103	19	97
Rojo Americano	531	183	211	65	190	225
Pinto Americano	654	179	132	80	265	65
Pinto Texano	338	221	165	79	53	109
Pinto-5	253	180	139	81	40	72
Flor de Mayo Media Oreja	729	299	219	153	144	43
\bar{X}	554.1	314.5	186.7	96.8	96.3	116.7
DMS (0.05)	4.22	4.28	5.2	6.18	-----	-----

¹= humedad aprovechable superior a 60% durante el ciclo del cultivo, con base a la precipitación registrada más cuatro riegos de auxilio; ²= humedad aprovechable a 60% durante la fase vegetativa, con base a la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo más dos riegos de auxilio.

Considerando como 100% la producción de biomasa del vástago y el rendimiento de grano en el tratamiento de riego, el efecto de sequía fue mayor en las variedades nativas para la biomasa y en las variedades introducidas para el rendimiento de grano. En el experimento de variedades nativas, los genotipos Amarillo Alto, Color de Rosa, Flor de Mayo-2, Bayo-2, Flor de Mayo-1, Saguin y Caña Morada, mostraron los mayores efectos en rendimiento de grano; mientras que en el experimento de variedades introducidas, el mayor efecto se registró en Bayo Gordo, Rebozero, Rojo Americano y Pinto-2 (Cuadro 3). Los resultados indican que la reducción de la biomasa del vástago y el rendimiento de grano por efecto de la sequía, dependió en buena parte por la duración del ciclo biológico de las variedades, independientemente de su estatus genético.

En general para la producción de biomasa del vástago y el rendimiento de grano, entre las variedades con adaptación mayor a las condiciones de sequía, se encuentran las nativas como Pinto-2, Pinto-1, Amarillo Mantequilla, Boleado, Canelo y Quipincillo Rojo-1, e introducidas como Peruano, Flor de Mayo Media Oreja y Pinto-3 (Cuadro 3). Otras variedades nativas como Caña Morada y Bayo Blanco, así como la variedad introducida Pinto-1, además de un rendimiento alto de grano, mostraron producción baja de biomasa del vástago en el tratamiento de sequía. Estos resultados sugieren como se mencionó anteriormente, una transición rápida a la fase reproductiva, lo cual es excelente si se traduce en un índice de cosecha alto o adaptación eficiente a las condiciones limitantes de humedad del suelo.

Índice de cosecha, índice de susceptibilidad a la sequía y media geométrica

Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre variedades para el índice de cosecha, tanto en el experimento de variedades nativas como en el experimento de variedades introducidas (datos no presentados). La mayoría de las variedades presentaron una disminución para el índice de cosecha en el tratamiento de sequía, con respecto al tratamiento de riego de auxilio, excepto en las variedades nativas Canelo, Caña Morada, Negro Opaco, Pinto-1, Bayo-1, Amarillo Mantequilla y Guadalupano, y en las variedades introducidas, Pinto-1, Flor de Mayo-1, Pinto Saltillo, Pinto Americano y Flor de Mayo Media Oreja (Cuadro 4). Resultados similares fueron consignados por Foster *et al.* (1995), Padilla *et al.* (2005) y Acosta-Díaz *et al.* (2009b) para otras variedades. En la presente investigación, el efecto de sequía promedio fue diferente en los dos experimentos,

have been consigned by other authors (Acosta-Gallegos and Kohashi-Shibata, 1989; Acosta-Gallegos and Adams, 1991; Ramírez and Kelly, 1998; Acosta-Díaz *et al.*, 2009b).

Considering as 100% production of sprout biomass and grain yield in irrigation treatment, drought effect was greater in native varieties for biomass and in varieties introduced for grain yield. In experiment of native varieties, genotypes Amarillo Alto, Color de Rosa, Flor de Mayo-2, Bayo-2, Flor de Mayo-1, Saguin and Caña Morada, showed greatest effects in grain yield; while in experiment of introduced varieties, greater effect was recorded in Bayo Gordo, Rebozero, Rojo Americano and Pinto-2 (Table 3). Results indicate that reduction of sprout's biomass and grain yield due drought effect depended in great extent on duration of varieties biological cycle, independently of their genetic status.

In general for biomass production of sprout and grain yield, among the varieties with higher adaptation to drought conditions are native ones as Pinto-2, Pinto-1, Amarillo Mantequilla, Boleado, Canelo and Quipincillo Rojo-1, and introduced as Peruano, Flor de Mayo Media Oreja and Pinto-3 (Table 3). Other native varieties such as Caña Morada and Bayo Blanco, as well as introduced variety Pinto-1, besides a high grain yield, they showed low biomass production of sprout in drought treatment. These results suggest, as previously mentioned, a quick transition to reproductive phase, which is excellent if translated into a high crop index or efficient adaptation to restrictive conditions of soil humidity.

Crop index, susceptibility to drought index and geometric average

There were detected highly significant differences ($p \leq 0.01$) between varieties for crop index, as well as in the experiment of native varieties as in the experiment of introduced varieties (data not presented). Most of varieties present a decrease for crop index in drought treatment, with regard to treatment of helping irrigation, except in native varieties Canelo, Caña Morada, Negro Opaco, Pinto-1, Bayo-1, Amarillo Mantequilla and Guadalupano, and in introduced varieties, Pinto-1, Flor de Mayo-1, Pinto Saltillo, Pinto Americano and Flor de Mayo Media Oreja (Table 4). Similar results were consigned by Foster *et al.* (1995), Padilla *et al.* (2005) and Acosta-Díaz *et al.* (2009b) for other varieties. In this investigation, the average

entre las variedades que exhibieron el mayor efecto están: nativas, Boleado, Flor de Mayo-2, Quipincillo Rojo-1 y Flor de Mayo-1, e introducidas, Pinto Texano, Pinto-4, Bayo Gordo y Pinto-2.

drought effect was different in the two experiments, between varieties that showed greatest effect are: native, Boleado, Flor de Mayo-2, Quipincillo Rojo-1 and Flor de Mayo-1, and introduced, Pinto Texano, Pinto-4, Bayo Gordo and Pinto-2.

Cuadro 4. Variedades de frijol, sembradas en dos condiciones de humedad del suelo en La Ascensión, Nuevo León, 2009.
Table 4. Bean varieties, sowed under two conditions of soil humidity at La Ascensión, Nuevo León, 2009.

Variedad	Índice de cosecha		Índice de susceptibilidad a la sequía	Media geométrica (g m ⁻²)
	Riego ¹	Sequía ²		
Experimento de variedades nativas de frijol				
Canelo	36	38	0.75	161
Caña Morada	27	32	1.13	81
Negro Opaco	29	72	0.81	124
Quipincillo Rojo-1	49	37	0.98	175
Pinto-1	30	31	0.58	177
Pinto-2	38	34	0.47	197
Flor de Mayo-1	25	14	1.15	106
Bayo Blanco	49	44	0.38	145
Flor de Mayo-2	34	21	1.4	136
Bayo-1	44	49	0.72	134
Color de Rosa	9	3	1.49	22
Almohadilla Bayo Alto	1	1	0.94	6
Huevo de Chico	12	14	0.75	62
Quipincillo Rojo-2	46	44	0.79	102
Bayo-2	12	5	1.32	42
Boleado	54	37	0.87	185
Amarillo Alto	4	2	1.49	15
Saguin	1	1	1.13	3
Amarillo Mantequilla	30	36	0.87	187
Rojo Oscuro	1	1	0.75	4
Guadalupano	12	13	0.89	67
Promedio	25.9	25.1	0.94	101.5
DMS (0.05)	2.09	2.01	-----	-----
Experimento de variedades introducidas de frijol				
Pinto-1	38	47	0.31	131
Flor de Mayo-1	20	34	0.31	95
Pinto Saltillo	46	52	0.77	133
Rebosero	25	9	1.44	79
Peruano	42	35	0.71	227
Bayo Gordo	36	24	1.5	112
Ojo de Cabra	34	30	0.92	153
Pinto-2	28	16	1.15	129
Pinto-3	35	28	0.81	159

¹= humedad aprovechable superior a 60% durante el ciclo del cultivo, con base a la precipitación registrada más cuatro riegos de auxilio; ²= humedad aprovechable a 60% durante la fase vegetativa, con base a la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo más dos riegos de auxilio.

Cuadro 4. Variedades de frijol, sembradas en dos condiciones de humedad del suelo en La Ascensión, Nuevo León, 2009 (Continuación).**Table 4. Bean varieties, sowed under two conditions of soil humidity at La Ascensión, Nuevo León, 2009 (Continuation).**

Variedad	Índice de cosecha		Índice de susceptibilidad a la sequía	Media geométrica (g m ⁻²)
	Riego ¹	Sequía ²		
Pinto-4	38	23	0.94	144
Rojo Americano	40	36	1.33	117
Pinto Americano	20	48	0.75	103
Pinto Texano	50	36	1	114
Pinto-5	55	46	0.81	106
Flor de Mayo Media Oreja	31	53	0.57	183
\bar{X}	35.8	34.47	0.89	132.33
DMS (0.05)	1.53	2.24	-----	-----

¹= humedad aprovechable superior a 60% durante el ciclo del cultivo, con base a la precipitación registrada más cuatro riegos de auxilio; ²= humedad aprovechable a 60% durante la fase vegetativa, con base a la precipitación registrada durante el ciclo del cultivo más dos riegos de auxilio.

En contraste, en el tratamiento de riego entre las variedades con índice de cosecha mayor, están las nativas: Boleado, Quipincillo Rojo-1, Bayo Blanco, Quipincillo Rojo-2 y Bayo-1, e introducidas, Pinto-5, Pinto Texano, Pinto Saltillo, Peruano y Pinto Americano (Cuadro 4). Esta respuesta se debió a las diferencias detectadas en la duración de las fases fenológicas, ya que dichas variedades se caracterizaron por tener un ciclo de cultivo más corto en comparación con las demás variedades, tanto nativas como introducidas. La proporción alta de la materia seca del vástago en la semilla mostrada en esas variedades, sugiere que estas poseen un mecanismo fisiológico de removilización alta de asimilados en comparación con las demás variedades, lo cual les confiere mejor adaptación a las condiciones no limitantes de humedad.

El índice de susceptibilidad a la sequía y la media geométrica identifican variedades más sobresalientes por su comportamiento a sequía, ya que toman en consideración el rendimiento de grano obtenido en ambas condiciones de humedad del suelo. Las variedades seleccionadas son las que registran los valores más bajos de índice de susceptibilidad a sequía y los valores más altos de media geométrica. De acuerdo con estos parámetros las variedades más resistentes a sequía fueron: nativas, Pinto-2, Pinto-1, Bayo Blanco, Boleado, Amarillo Mantequilla, Canelo Quipincillo Rojo-1, e introducidas, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-1 y Pinto-3 (Cuadro 4). Esta respuesta se debió a una eficiencia alta en la distribución de materia seca en el vástago y en consecuencia a un rendimiento alto en ambos tratamientos de humedad del suelo, en los dos experimentos.

In contrast, in irrigation treatment between varieties with greater crop index, are native varieties: Boleado, Quipincillo Rojo-1, Bayo Blanco, Quipincillo Rojo-2 and Bayo-1, and introduced, Pinto-5, Pinto Texano, Pinto Saltillo, Peruano and Pinto Americano (Table 4). This response was due to differences detected in duration of phenological phases, since these varieties were characterized by having a shorter cultivation cycle in comparison with other varieties, as well as native as introduced. The high proportion of sprout's dry matter in seed shown in those varieties, suggests that these have a physiologic mechanism of high assimilated motion in comparison with other varieties, which confers them better adaptation to non restrictive conditions of humidity.

Susceptibility to drought index and geometric average identifies varieties more important by their behavior to drought, since they take in consideration grain yield obtained under both conditions of soil humidity. Selected varieties are those that record lowest values of susceptibility to drought index and the highest values in geometric average. According with these parameters, varieties most resistant to drought were: native, Pinto-2, Pinto-1, Bayo Blanco, Boleado, Amarillo Mantequilla, Canelo Quipincillo Rojo-1; and introduced, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-1 and Pinto-3 (Table 4). This response was due to a high efficiency in distribution of dry matter in sprout and in consequence to a high yield in both treatments of soil humidity, in both experiments.

CONCLUSIONES

El efecto de sequía fue mayor en el peso seco del vástago en las variedades introducidas de frijol y el rendimiento de grano en las variedades nativas. Las variedades con acumulación mayor de biomasa del vástago y rendimiento de grano en el tratamiento de sequía fueron: nativas, Pinto-2, Pinto-1, Amarillo Mantequilla, Boleado, Canelo, Bayo Blanco y Quipincillo Rojo-1. Las variedades introducidas con acumulación mayor de biomasa del vástago y rendimiento fueron: Peruano, Pinto-2, Flor de Mayo Media Oreja y Pinto-1. De acuerdo al índice de susceptibilidad a la sequía y la media geométrica, las variedades más eficientes en rendimiento fueron: nativas, Pinto-2, Pinto-1, Bayo Blanco, Boleado, Amarillo Mantequilla, Canelo y Rojo Quipincillo-1, e introducidas, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-1 y Pinto-3.

AGRADECIMIENTO

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) coordinado por el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semilla (SNICS), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), por el financiamiento que hizo posible la realización del presente trabajo a través del Proyecto BI-FRI-02-1.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz, E.; Trejo-López, C.; Ruiz-Posadas, L. M.; Padilla-Ramírez, J. S. y Acosta-Gallegos, J. A. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *TERRA Latinoam.* 22(1): 49-58.
- Acosta-Díaz, E.; Hernández-Torres, I.; Rodríguez-Guerra, R. y Martínez-Medina, J. 2009a. Estudio exploratorio de colectas de frijol en el sureste de Nuevo León, México. 2^{do}. Congreso Internacional y Feria Nacional de Frijol. Zacatecas, Zacatecas, México. 65-67 pp.

CONCLUSIONS

Drought effect was greater in sprout's dry weight in introduced bean varieties and grain yield in native varieties. Varieties with accumulation greater than biomass of sprout and grain yield in treatment of drought were: native, Pinto-2, Pinto-1, Amarillo Mantequilla, Boleado, Canelo, Bayo Blanco and Quipincillo Rojo-1. Varieties introduced with accumulation greater than biomass of sprout and yields were: Peruano, Pinto-2, Flor de Mayo Media Oreja and Pinto-1. According to susceptibility to drought index and geometric average, most efficient varieties in yield were: native, Pinto-2, Pinto-1, Bayo Blanco, Boleado, Amarillo Mantequilla, Canelo and Rojo Quipincillo-1, and introduced, Peruano, Flor de Mayo Media Oreja, Pinto-1 and Pinto-3.

End of the English version



- Acosta-Gallegos, J. A.; Acosta-Díaz, E.; Padilla-Ramírez, J. S.; López-Salinas, E.; Salinas Pérez, R. A.; Mayek Pérez, N. and Kelly, J. D. 1998. Seed yield of dry bean cultivars under drought stress. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 41:151-152.
- Acosta-Gallegos, J. A. and Kohashi-Shibata, J. 1989. Effect of water stress on growth and yield of indeterminate dry-bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. *Field Crop Res.* 20:81-93.
- Acosta-Gallegos, J. A. and Adams, M. W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. *J. Agric. Sci (Cambridge).* 117:213-219.
- Acosta-Gallegos, J. A. and White, J. W. 1995. Phenological plasticity as an adaptation by common bean to rainfed environments. *Crop Sci.* 35:199-204.
- Esquivel-Esquivel, G.; Acosta-Gallegos, J. A.; Ortiz-Cereceres, J.; Mendoza-Castillo, M. C. y Padilla-Ramírez, J. S. 2004. Fenología y rendimiento de cuatro variedades de frijol en el Altiplano Central de México. *Agric. Téc. Méx.* 30(1):19-27.
- Fischer, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29:807-912.

- Acosta-Díaz, E.; Acosta-Gallegos, G. A.; Trejo-López, C.; Padilla-Ramírez, J. S. and Amador-Ramírez, M. D. 2009b. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Agric. Téc. Méx.* 35(1):419-428.
- Food and Agricultural Organization (FAO). 1989. *Carte mondiale des sols. Légende Révisée. Rapport Sur les ressources en sols du monde 60.* FAO-UNESCO. Rome, Italie.
- Foster, E. F.; Pajarito, A. and Acosta-Gallegos, J. A. 1995. Moisture stress impact on N partitioning, N remobilization and N-use efficiency in beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Agric. Sci (Cambridge)*. 124:27-37.
- García, E. 1988. *Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición.* Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. D. F., México. 217 p.
- Laing, D. R.; Jones, P. G. and Davies, J. H. C. 1984. Common bean (*Phaseolus vulgaris*). *In: Ludlow, P. R. M. M. and Muchow, R. C.* 1990. Critical evaluation of the possibilities for modifying crops for high production per unit of precipitation. *Adv. Agron.* 43:107-153.
- López, M.; Fernández, F. y Van Schoonhoven, A. 1985. *Frijol: investigación y producción.* Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 123 p.
- Ludlow, M. M. and Muchow, R. C. 1990. Critical evaluation of the possibilities for modifying crops for high production per unit of precipitation. *Adv. Agron.* 43:107-153.
- Padilla-Ramírez, J. S.; Acosta-Díaz, E.; Gaytán-Bautista, R.; Acosta-Gallegos, J. A.; Esquivel-Esquivel, G.; Mayek-Pérez, N. and Kelly, J. D. 2004. Rainfall pattern and seed yield of dry bean in the semiarid highlands of Mexico. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 47:291-292.
- Padilla-Ramírez, J. S.; Acosta-Gallegos, J. A.; Acosta-Díaz, E.; Mayek-Pérez, N. and Nelly, J. D. 2005. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought-stressed and non stressed dry bean genotypes. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 48:152-153.
- Ramírez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica*. 99:127-136.
- Rosales-Serna, R.; Ochoa-Márquez, R. y Acosta-Gallegos, J. A. 2001. Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia*. 35(5):513-523.
- Rosales-Serna, R.; Kohashi-Shibata, J.; Acosta-Gallegos, J. A.; Trejo-López, C.; Ortiz-Cereceres, J. and Kelly, J. D. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. *Field Crops Res.* 85:203-211.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Naturales, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006. *Anuario estadístico de producción agrícola por cultivo.* Centro de Estadística Agropecuaria. D. F., México.
- Schneider, A. K.; Rosales-Serna, R.; Ibarra-Pérez, F.; Cázares-Enríquez, B.; Acosta-Gallegos, J. A.; Ramírez-Vallejo, P.; Wassimi, N. and Kelly, J. D. 1977. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.* 37:43-50.
- White, J. W. and Izquierdo, J. 1991. Physiology of yield potential and stress tolerance. *In: Van Schoonhoven, A. and O. Voyset (eds.). Common beans. Research for crop improvement.* CIAT. Cali, Colombia. 287-366 pp.