

EFECTO DEL BRASINOESTEROIDE Y DENSIDAD DE POBLACIÓN EN LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO DE AYOCOTE (*Phaseolus coccineus* L.)

M. L. P. Vargas-Vázquez¹; M. B. G. Irizar-Garza

Investigadoras del Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Km. 18.5
Carretera México-Lechería. Chapingo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.
Correo-e: patricia_vargas_mx@yahoo.com (¹Autor responsable).

RESUMEN

Se estudió el efecto del regulador de crecimiento brasinoesteroide en la acumulación de materia seca y en el rendimiento de grano de ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) variedad Blanco Tlaxcala. La siembra se realizó el 3 de mayo del 2000 bajo condiciones de temporal en Tetelco, Tláhuac, D. F., México. Las densidades de siembra estudiadas fueron 60, 75, 90 105 y 120 mil plantas por hectárea. Se aplicaron 40 mg·ha⁻¹ del brasinoesteroide (solución cuya concentración fue 1 mg·ml⁻¹) en tres partes: 10 mg·ha⁻¹ a los 30 días después de la siembra (dds), 10 mg·ha⁻¹ a los 60 dds y 20 mg·ha⁻¹ 90 dds. El brasinoesteroide incrementó la biomasa total y por órganos en la mayoría de las densidades en estudio. En densidades de 105 y 120 mil plantas por hectárea el incremento de biomasa total se triplicó en comparación con las demás densidades. El brasinoesteroide incrementó el rendimiento en un 68 % en la densidad de 90 mil plantas por hectárea.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: frijol ayocote, regulador de crecimiento, materia seca.

EFFECT OF THE BRASINOESTEROID AND PLANT DENSITY IN BIOMASS ACCUMULATION AND YIELD OF THE AYOCOTE (*Phaseolus coccineus* L.)

ABSTRACT

There were studied the effect of the brasinoesteroid growth regulator on the total dry matter production and seed yield of the "ayocote" bean (*Phaseolus coccineus* L.) variety Blanco Tlaxcala in Tetelco, Tlahuac, D. F., México. The sowing date was May 3, 2000 under rain fed conditions. The plant populations studied were: 60, 75, 90, 105 and 120 thousand plants per hectare. There were applied 40 mg·ha⁻¹ of brasinoesteroid (a solution which concentration was 1mg·ml⁻¹) at three times: 10 mg·ha⁻¹ 30 days after the planting (dap); 10 mg·ha⁻¹ 60 dap; and 20 mg·ha⁻¹ 90 dap. The brasinoesteroid increased the total dry matter production, and by organs in the majority of the plant populations studied. With densities 105 and 120 thousand plants per hectare the total dry matter production was folded three times when compared with the other plant populations. The brasinoesteroid increased the seed yield in a 68 percent in a plant population of 90 thousand plants per hectare.

ADDITIONAL KEY WORDS: ayocote bean, growth regulator, dry matter.

INTRODUCCIÓN

El frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) ha sido cultivado en México por generaciones, su excelente adaptación en zonas con altitudes desde 1800 hasta 2400 m, hacen del cultivo una alternativa para estas regiones. Por medio de mejoramiento genético, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México obtuvo la primera variedad de ayocote blanco

(Muruaga, 1996), que compite con el frijol tipo alubia, el cual se cotiza bien en el mercado nacional e internacional. El rendimiento promedio del ayocote 'Blanco Tlaxcala' en Chapingo, Estado de México es de 2.5 t·ha⁻¹. Sin embargo, las prácticas agrícolas como la modificación de la densidad de población, así como la aplicación de reguladores de crecimiento vegetal pueden ser una alternativa para incrementar el potencial de rendimiento del ayocote que represente una ganancia para el productor.

Los brasinoesteroides son un grupo de reguladores de crecimiento vegetal recientemente reconocido (Mandava, 1988). Después de que la primera brasinólida fue identificada en *Brassica napus* (Mitchell *et al.*, 1970) y aislada (Grove *et al.*, 1979), se han desarrollado múltiples investigaciones para su aplicación en la agricultura. El efecto de los brasinoesteroides consiste principalmente en incrementar la biomasa y rendimiento de los cultivos (Cutler *et al.*, 1991).

El biobras 16, un homólogo de brasinoesteroide, se ha aplicado en hortalizas (Núñez *et al.*, 1994), trigo (Sairam, 1994), papa y tomate (Núñez *et al.*, 1995) con incrementos en los rendimientos. El objetivo de este estudio fue manejar los factores de densidad de población y la aplicación de brasinoesteroide (biobras-16) para estimar su efecto en la acumulación de biomasa total y por órganos, y su repercusión en el rendimiento de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en San Nicolás Tetelco, Delegación Tláhuac, zona ubicada en el área rural del Distrito Federal (19° 20' y 19° 25' Latitud Norte y 98° 55' a 99° 25' Longitud Oeste), a una altitud de 2300 m, la temperatura media oscila entre 15 y 20 °C, con una precipitación media en el periodo de mayo a octubre de 500 a 700 mm. Se procedió a sembrar ayocote 'Blanco Tlaxcala', el 3 de mayo del 2000 bajo condiciones de temporal, con un riego de auxilio a la siembra. Se probaron cinco densidades de población (DP): 60, 75, 90, 105 y 120 mil plantas por hectárea.

Hubo dos tratamientos con y sin brasinoesteroide, el regulador biobras 16 se probó de la siguiente manera: 40 mg·ha⁻¹ (solución cuya concentración era de 1 mg·ml⁻¹) en tres aplicaciones: 10 mg·ha⁻¹ a los 30 días después de la siembra (dds), 10 mg·ha⁻¹ a los 60 dds y 20 mg·ha⁻¹ a los 90 dds. Para la determinación de la biomasa producida en el ayocote, se realizó un muestreo (50 cm lineales del surco, 0.4 m²) a los 138 días después de la siembra (etapa de madurez fisiológica). Las muestras se separaron por órganos y se llevaron a peso constante en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 70 °C durante 72 horas. El rendimiento de grano se determinó cosechando una parcela útil de 4.2 m² (dos surcos centrales) de cada unidad experimental a los 150 días después de la siembra.

El diseño experimental fue bloques al azar con tres repeticiones; la unidad experimental fue un grupo de cuatro surcos de 5 m de largo por 0.80 m de ancho dejando un surco sin sembrar entre cada una de las parcelas. Los datos se analizaron con el sistema estadístico para computadoras "Statistical Analysis System" (SAS) para conocer el efecto de los tratamientos aplicados (Rebolledo, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa por órganos

El análisis de varianza mostró que para la biomasa de raíz hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.0057$) y densidades ($P > 0.0037$), pero no para la interacción (0.2193), al parecer el brasinoesteroide incrementa la biomasa radicular (0.48 a 0.90 t·ha⁻¹) en cualquiera de las densidades y se encuentran altamente correlacionadas ($r = 0.8035$, $P > 0.1014$).

Estadísticamente la biomasa de tallo, hojas y vainas no mostró diferencias significativas entre tratamiento, ni entre densidades ni su interacción, sin embargo, cuando se aplicó el brasinoesteroide se encontró una correlación positiva entre el peso de raíz con el peso seco del tallo ($r = 0.70856$, $P > 0.1804$); y con el peso de hoja ($r = 0.77780$, $P > 0.1215$), incrementando la biomasa de las mismas de 1.39 a 2.25 t·ha⁻¹ y de 0.72 a 1.82 t·ha⁻¹ respectivamente, al respecto Sairam (1994) observó un incremento en biomasa en trigo (*Triticum aestivum*) cuando aplicó brasinoesteroide.

En el caso del tratamiento sin el regulador, el peso de vaina disminuyó de 1.79 a 1.14 t·ha⁻¹ en las densidades de 60, 75, 90 y 105 mil plantas por hectárea (Figura 1), este resultado coincide con experiencias anteriores que demuestran que el aumento en la densidad de población ocasiona cambios en la relación fuente demanda por efecto de la competencia por luz (Hay y Walker, 1989; Vargas e Irizar, 2001). El peso de vainas no se correlacionó significativamente con el peso de los demás órganos de la planta en ninguno de los tratamientos (con y sin brasinoesteroide). En cuanto al peso seco de raíz (0.32 a 0.52 t·ha⁻¹) y tallo (1.168 a 1.77 t·ha⁻¹) sin regulador, se incrementan hasta 90 mil plantas por hectárea, después de la cual se afecta en forma negativa por la competición de las plantas (Figura 1).

Producción de biomasa total

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.02$) (Figura 2), con brasinoesteroide hubo un incremento de biomasa total respecto al tratamiento sin el regulador en especial en las densidades de 105 y 120 mil plantas por hectárea, Mitchell y Gregory (1972), encontraron que la aplicación de brasinoesteroide causa un sobre crecimiento, debido principalmente al efecto de alargamiento de celular. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre densidades ($P < 0.158$) (Cb: 4.0 a 6.08 t·ha⁻¹; Sb: 3.93 a 4.53 t·ha⁻¹).

El tratamiento sin brasinoesteroide muestra un incremento en la biomasa total al ir aumentando la densidad de siembra hasta 90 mil plantas por hectárea (Figura 2), después de la cual la competición entre las mismas disminuyen su producción de materia seca, este

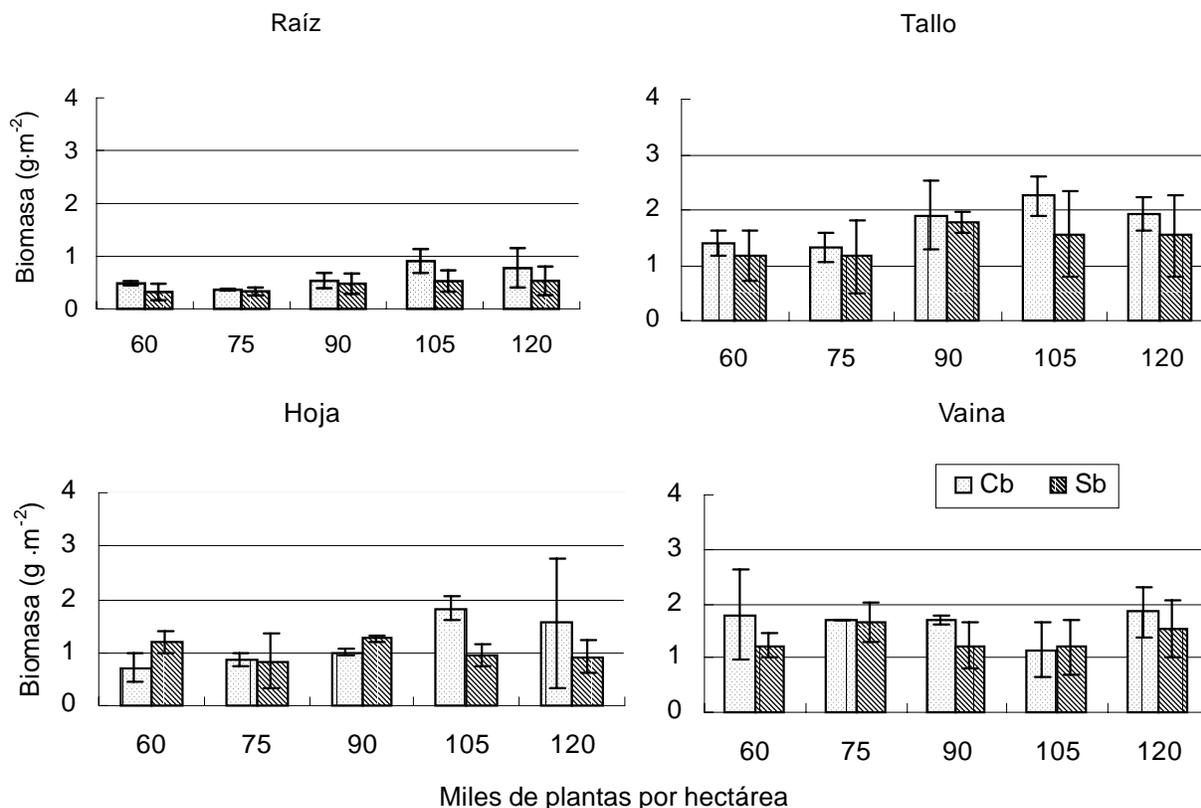


FIGURA 1. Efecto del brasinosteroide y densidad de siembra en la producción de biomasa por órganos de ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) a los 139 días después de la siembra. Barras muestran la desviación estándar entre densidades. Cb y Sb, con y sin brasinosteroide, respectivamente.

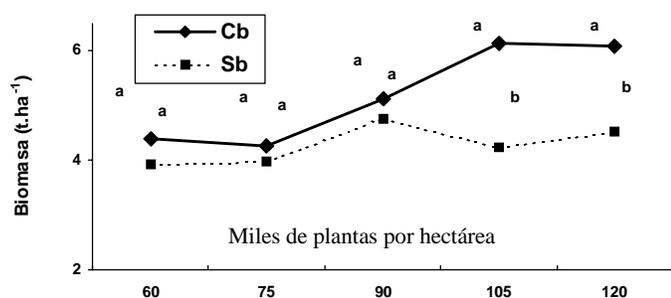


FIGURA 2. Efecto de brasinosteroide y densidad de siembra en la producción de biomasa total de ayocote a los 139 días después de la siembra. Letras diferentes significa diferencias entre tratamientos dentro de cada densidad de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

comportamiento se ha observado en otros cultivos debido a la competencia de las plantas (Hay y Walter, 1989). Por el contrario el brasinosteroide parece contrarrestar este efecto ya que incrementa su biomasa con la densidad de población ($r=0.93$).

Rendimiento de grano

En las densidades de población de 60, 75 y 90 mil plantas por hectárea, el rendimiento fue mayor a una

tonelada y con el incremento de la densidad, el rendimiento disminuyó (Cuadro 1). No obstante el peso seco de vainas que se obtuvo con densidades de 120 mil plantas por hectárea (Figura 1) fue alto. Lo anterior implica que en esta densidad la planta por su tipo de hábito de crecimiento indeterminado formó un mayor número de vainas ($1,456$ vainas- m^{-2}) pero no todas alcanzaron a formar grano ni llegaron a madurez.

CUADRO 1. Efecto de brasinosteroide en el rendimiento de grano de frijol ayocote var. Blanco Tlaxcala.

Densidad (plantas por ha)	Rendimiento (t·ha ⁻¹)		
	CB	SB	CB/SB
60 mil	0.983	1.210	0.81
75 mil	1.389*	1.144*	1.21
90 mil	1.751*	1.040*	1.68
105 mil	0.787	0.648	1.21
120 mil	0.976	0.820	1.19
DMSH densidades			0.536
DMSH tratamientos			0.232

*Diferencia significativa entre tratamientos con y sin brasinosteroide (CB y SB).
DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Estudios anteriores indican que la variedad Blanco

Tlaxcala puede rendir hasta 2.9 toneladas en densidades de población de 100 mil plantas por hectárea y que en densidades mayores (120 a 180 mil plantas) el peso de las vainas disminuye, disminuyendo el rendimiento de grano (Vargas e Irizar, 2001). En el presente estudio se señala que el aumento progresivo de la densidad de población ocasionó que la planta alcanzara su máximo rendimiento de grano con 90 mil plantas por hectárea al aplicar brasinoesteroide y 60 mil plantas por hectárea en el tratamiento sin el regulador (Cuadro 1).

Al respecto varios autores han señalado que la aplicación del brasinoesteroide aumenta el rendimiento de grano de diferentes especies de plantas cultivadas, tal es el caso de trigo (Sairam, 1994; Khripach *et al.*, 1999), maíz, arroz (Yokota y Takahasi, 1985; Khripach *et al.*, 1999), tomate (Yokota y Takahasi, 1985) avena, (Khripach *et al.*, 1999). Se ha encontrado que los cambios tanto fisiológicos y morfológicos producidos por el brasinoesteroide son debido a algunos cambios bioquímicos celulares, como la acumulación de proteína, acumulación de ARN y ADN en tejidos de crecimiento así como el incremento de la actividad de la ARN y ADN polimerasa en todos los tejidos de crecimiento (Kalinich *et al.*, 1985).

CONCLUSIONES

El brasinoesteroide incrementó la biomasa total y por órganos en la mayoría de las densidades en estudio en comparación con los tratamientos sin regulador, en densidades de 105 y 120 mil plantas por hectárea este incremento fue mayor en raíz, tallo y hojas.

Bajo las condiciones del experimento se obtuvo un mayor rendimiento con la densidad de población de 90 mil plantas por hectárea aplicando brasinoesteroide en una dosis de 40 mg·ha⁻¹, habiéndose incrementado hasta un 68 % con respecto la producción en la misma densidad sin brasinoesteroide.

LITERATURA CITADA

- CUTLER, H. G.; YOKOTA, T.; ADAM, G. 1991. Brassinosteroids. Chemistry, Bioactivity and Applications. American Chemical Society. Washington D. C., USA. 375 p.
- GROVE, M. D.; SPENCER, F. G.; ROHWEDDER, W. K.; MANDAVA, N. B.; WORLEY, J. F.; WARTHEN, J. D. J.; STEFFENS, G. L.; FLIPPEN-ANDERSON, J. L.; COOK, J. C. Jr. 1979. Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature* 281: 216-217.
- HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. Y. 1989. Dry - matter partitioning, pp. 114-121. *In: An Introduction to the Physiology of Crop Yield.* HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. Y (eds.). John Wiley and Sons. New York, USA.
- KALINICH, J.F.; MANDAVA, N. B.; TODHUNTER, J. A. 1985. Relationship of nucleic acid metabolism to brassinolide-induced responses in beans. *J. Plant Physiol.* 120: 207-214.
- KHRIPACH, V. A.; ZHABINSKII, V. N.; DE GROOT, A. E. 1999. Brassinosteroids: A new class of plant hormones. Academic Press. London, UK. 445 p.
- MANDAVA, N. B. 1988. Plant growth-promoting brassinosteroids. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39: 23-52.
- MITCHELL, J. W.; GREGORY, L. E. 1972. Enhancement of overall plant growth, a new response to brassins. *Nature New Biol.* 239: 254.
- MITCHELL, J. W.; MANDAVA, N.; WORLEY, J. F. 1970. Brassin- a new family of plant hormones from rape pollen. *Nature* 225: 1065-1066.
- MURUAGA, J. 1996. Descripción del frijol ayocote "Blanco Tlaxcala". Desplegable, agosto. INIFAP Produce, Fundación Produce Tlaxcala A. C., SAGAR. Tlaxcala, México.
- NÚÑEZ, M.; DOMINGOS, J.; TORRES, W.; COLL, F.; ALONSO, E.; BENITES, B. 1995. Influencia del análogo de brasinoesteroide Biobras 6 en el rendimiento de plantas de tomate. Programa y Resúmenes IX Seminario Científico INCA 17. *Cultivos Tropicales* 16: 49-52.
- NÚÑEZ, M.; TORRES, W.; COLL, F. 1994. Influencia de análogos de brassinoesteroides en el rendimiento de diferentes cultivos hortícolas: Programa y Resúmenes IX Seminario Científico INCA. *Cultivos Tropicales* 17: 26-30.
- REBOLLEDO R., H. H. 2002. Manual SAS por Computadora: Análisis Estadístico de Datos Experimentales. Trillas. pp 62-67. D. F., México.
- SAIRAM, K. R. 1994. Effect of homobrassinolide application on plant metabolism and grain yield under irrigated and moisture-stress conditions of two wheat varieties. *Plant Growth Regulation* 14: 173-181.
- VARGAS V., P.; IRIZAR G., M. 2001. Distribución de materia seca del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), variedad Blanco Tlaxcala. *Agricultura Técnica en México* 27(1):69-71.
- YOKOTA, T.; TAKAHASI, N. 1985. Chemistry, physiology and agricultural application of brassinolide and related steroids, pp.129-138. *In: Plant Growth Substances. Proceedings of the 12th. International Conference on Plant Growth Substances.* BOPP, E. M. (ed.) Springer-Verlag. New York, USA.