

DIANA SANDRA FARIDE VARGAS-MUNAR¹ - GUILLERMO ARTURO CORREDOR S.²
JOHAN STIVENS JIMÉNEZ C.³ - FABIÁN ENRIQUE LINCE D.³ - CAMILO EDUARDO MERCHÁN H.³

Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la altura de planta del frijol moteado (*phaseolus vulgaris*) en invernadero

Recibido: 9 de abril de 2012

Aceptado: 8 de noviembre de 2012

Resumen

Con el objeto de establecer alternativas de fertilización sostenible en condiciones de trópico alto se evaluó la efectividad de los fertilizantes orgánicos bokashi y compost en el crecimiento de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y se compararon con el fertilizante inorgánico 18-18-18 (Fercon®). El ensayo fue ejecutado en las instalaciones de Uniagraria, localizadas en la ciudad de Bogotá D.C., y fue el producto del experimento realizado por estudiantes y docentes del programa de Zootecnia de Uniagraria, en el desarrollo de la asignatura Metodología de la Investigación durante el segundo semestre de 2011. Se realizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno; la variable analizada fue altura de la planta. Los datos obtenidos fueron analizados con la prueba de comparación de promedios de Tukey y se realizó análisis de regresión. Los resultados obtenidos mostraron que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), lo que sugiere que las plantas crecieron en una dinámica semejante a través del tiempo sin influencia del fertilizante utilizado, situación que ha sido reportada con anterioridad en la literatura consultada. Debido a que los fertilizantes orgánicos presentan una liberación lenta de nutrientes, se hace necesario para futuros ensayos ampliar el periodo experimental así como incrementar las variables estudiadas para obtener resultados concluyentes.

Palabras clave: bokashi, compost, fertilizante NPK, frijol, crecimiento.

Effect of organic and inorganic fertilization on the plant height of the mottled bean (*phaseolus vulgaris*) in greenhouse

Abstract

This work is the result of an experiment done by students and professors of the Animal Science program at Uniagraria, in fulfillment of the course “Research Methodologies” in the second semester of 2011. The

•••••

¹ Zootecnista, MSc; docente principal, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia. vargas.diana@uniagraria.edu.co

² Ingeniero agrónomo, MSc, PhD (C); docente principal, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia. corredor.guillermo@uniagraria.edu.co

³ Estudiantes de Zootecnia, Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Bogotá, Colombia.

effectiveness of organic fertilizers bokashi, compost in mottled bean plants (*Phaseolus vulgaris*) was evaluated and compared to 18-18-18 (Fercon®) inorganic fertilizer. Trial were done at Uniagraria location, in Bogota D.C. city. A complete random design, with four treatments and three repetitions each, was conducted in which the variable of interest was the height of the plant. The data was evaluated using Tukey's test for comparison of means and regression analysis. The results showed that there were not any statistical differences between treatments. This suggests that plants grew at similar rates during the time of the experiments, without any influence of the fertilizers, a result that replicates previous findings in researched literature. Because organic fertilizers release nutrients slowly, it is necessary to increase the time of evaluation and the variables of interest in future experiments to obtain more conclusive results.

Key words: Bokashi, compost, NPK fertilizer, bean, growth.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es, entre las leguminosas de grano alimenticias, la especie más importante para el consumo humano (Voysset, 1983); presenta una amplia distribución de siembra en los cinco continentes y es un complemento nutricional indispensable de la dieta alimenticia en Centro y Suramérica (López *et al.*, 1985) gracias al aporte apreciable de proteína (entre 15 a 30%), energía (por su contenido de carbohidratos y grasas), minerales y vitaminas (Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2010, citado por Sueiro, Rodríguez y De la Cruz, s. f.).

En Colombia, el cultivo del frijol es una de las principales actividades campesinas y un importante generador de ingresos y empleo rural. No obstante en los últimos años, en el marco de la globalización, este cultivo ha perdido competitividad frente a la producción de otros países especialmente por los altos costos de producción (Arias *et al.*, 2007). Estos costos incluyen la adquisición de insumos, los créditos y la venta de los productos (Chiriboga, 1996), situación generada por la necesidad de responder a una producción agroexportadora intensiva en el uso de los insumos de la revolución verde, en detrimento de la producción local diversa y autosuficiente (Pengue, 2008).

Luego de transcurridas varias décadas del inicio de la revolución verde, y con los modelos de producción agrarios adoptados, se han logrado

aumentos de la producción de alimentos pero con una alta dependencia de insumos externos (Altieri, 1994); adicionalmente, este modelo ha generado consecuencias ecológicas negativas entre las que se encuentran la degradación química, biológica y física de los suelos; salinización, pérdidas de estructura, aumento de los niveles de erosión hídrica y eólica, extracción de nutrientes sin reposición ni descanso natural, fuerte incremento de la contaminación con fertilizantes y pérdida de biodiversidad, entre otros (Pengue, 2008).

Ante este panorama de la agricultura mundial, los investigadores buscan soluciones y se plantean modelos alternativos de producción de alimentos, como son los modelos sostenibles, que garanticen la seguridad alimentaria de las poblaciones, reduzcan la mala nutrición y participen efectivamente en la restauración de la calidad de los suelos y las aguas, de tal forma que se satisfagan las necesidades de las generaciones presentes y futuras, preservando siempre la integridad de los medios de producción en tiempo y espacio (Ruiz, 1999, citado por Sueiro, Rodríguez y De la Cruz, s. f.). En estos modelos sostenibles se incluyen los abonos orgánicos, usados desde tiempos remotos, que han mostrado su influencia sobre la fertilidad de los suelos, recomendándose en aquellas tierras sometidas al cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Castellanos, 1982).

Entre estos fertilizantes se encuentra el bokashi que es un abono orgánico fermentado, principalmente bajo condiciones aeróbicas que activa y aumenta la cantidad de microorganismos benéficos para el suelo, suple de materia orgánica a los organismos del mismo y nutre el cultivo. Para su preparación existe gran diversidad de recetas ya que cada agricultor lo puede elaborar a su manera, sin embargo, de forma general se utilizan materiales tales como suelo, materia orgánica como la gallinaza y fuentes de minerales, entre otros (Shintani *et al.*, 2000). El abono compost, también orgánico, es el producto final del compostaje que es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas transforma los residuos orgánicos biodegradables en un producto estable e higienizado, para su preparación puede utilizarse cualquier producto orgánico fermentable (Negro *et al.*, 2005).

De acuerdo con lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la utilización de los abonos orgánicos bokashi y compost en plantas de frijol común, como un esfuerzo por establecer alternativas de fertilización sostenible en condiciones de trópico alto.

Materiales y métodos

El experimento fue desarrollado en las instalaciones de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria, localizada en la ciudad de Bogotá D.C. (latitud 04-70N, longitud 74-13°), altitud de 2548 msnm, temperatura promedio de 13,1 °C y humedad relativa promedio de 80% (Ideam, 2012), en el periodo comprendido entre los meses de septiembre a noviembre de 2011, en el marco de la asignatura Metodología de la Investigación del programa de Zootecnia.

Para el ensayo fueron analizados tres fertilizantes, dos orgánicos (bokashi y compost) cada uno con una dosis de inclusión de 2 t/ha⁻¹, y uno inorgánico 18-18-18 (Fercon®) compuesto de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) respec-

tivamente, en la dosis recomendada por el fabricante. Los fertilizantes bokashi y compost fueron elaborados en el Ecoparque Pinares de Tenjo de Uniagraria, en el desarrollo de la asignatura Suelos y Fertilización del programa de Zootecnia.

El rendimiento de los diferentes fertilizantes se evaluó a través de la variable altura de la planta, en plantas de frijol moteado (*Phaseolus vulgaris*) que fueron sembradas en materas individuales y mantenidas en un invernadero construido para tal fin, las cuales fueron regadas tres veces por semana y cuyo mantenimiento estuvo a cargo de los estudiantes de Metodología de la Investigación de Zootecnia.

Para la obtención de los datos de altura de las plantas se realizó su medición con un metro convencional desde la base de la planta hasta su punto máximo de crecimiento en centímetros, dos veces por semana y registrados cuidadosamente en un formato físico.

El diseño estadístico empleado fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno, el tratamiento uno (T1) correspondió al testigo, en el cual la semilla fue sembrada en tierra común únicamente; en el tratamiento dos (T2) se utilizó el fertilizante orgánico bokashi; en el tratamiento tres (T3) se usó el fertilizante orgánico compost, y en el tratamiento cuatro (T4) el fertilizante inorgánico 18-18-18.

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa de análisis estadístico SAS (2002), a través del cual se realizó análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, prueba de comparación de promedios de Tukey por día de medición (días después de siembra DDS), con el objeto de observar posibles diferencias estadísticamente significativas entre los promedios comparados y, por último, análisis de regresión simple, cuadrática y cúbica por tratamiento evaluado a través del tiempo, con el propósito de establecer un modelo que permita ver la tendencia de la altura de la planta en el tiempo (Steel y Torrie,

1985), realizándose la prueba t de Student para determinar la significancia de los coeficientes de regresión en los modelos obtenidos.

Resultados

Los promedios obtenidos para la variable altura de la planta en todos los tratamientos a través del tiempo y la correspondiente comparación de promedios de Tukey se observan en la tabla 1.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba de comparación de promedios Tukey (Steel y Torrie, 1985), se observa que para todos los tratamientos evaluados en cada lectura a través del tiempo no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), indicando un crecimiento de las plantas semejante a través del tiempo, independientemente del fertilizante adicionado. A pesar de esto es posible notar que para el tratamiento compost las plantas crecieron más lentamente, presentando hasta el final del experimento las alturas más bajas; en contraste, el tratamiento de fertilizante inorgánico presentó al inicio y al final (DDS 14 y 56) las alturas más altas, y hacia los periodos intermedios (DDS 24 al 46) el fertilizante bokashi fue el que presentó los promedios más altos; sin embargo, se reitera que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Con referencia a los análisis de regresión, en la tabla 2 se presentan las ecuaciones de regresión determinadas para cada tratamiento, y en la figura

1 se muestran las curvas ajustadas para los cuatro tratamientos.

De los análisis de regresión efectuados el modelo cúbico fue el que presentó los mayores valores de coeficiente de determinación (R^2), así como de R^2 ajustado, los valores más altos fueron para los modelos de los tratamientos con bokashi, inorgánico y testigo, los cuales fueron iguales o superiores al 90%, lo cual indica un buen ajuste de los modelos obtenidos. Así mismo, en cada modelo de regresión se determinó la raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RCME), cuyo menor valor se presentó en el modelo obtenido con la aplicación de bokashi (1,38), en cuyo tratamiento también se presentó el menor coeficiente de variación (9,14 %) indicando poca variación de los datos respecto al promedio. En la prueba t de Student realizada para los coeficientes de regresión del modelo cúbico en cada uno de los tratamientos estudiados se presentó alta significancia estadística ($p < 0,01$), lo que corrobora que este modelo obtenido para los diferentes tratamientos es el que mejor se ajusta.

De acuerdo con lo anterior, se establece que con los modelos aquí presentados es posible predecir la altura de la planta para cualquier edad dentro del intervalo estudiado, estos resultados siguen la tendencia planteada por Rebolledo (1998), quien estudió diferentes modelos en experimentos relacionados con la fertilización de cultivos, en el cual el modelo cúbico fue el que representó mejor los resultados.

Tabla 1. Altura promedio de las plantas a través del tiempo y comparación de promedios para todos los tratamientos evaluados

Tratamiento	Días después de siembra (DDS)										
	14	17	21	24	28	31	35	38	43	46	56
Testigo	3,4 a	5,4 a	9,1 a	10,6 a	12,4 a	13,4 a	14,5 a	15,1 a	15,8 a	17,2 a	46,7 a
Bokashi	3,3 a	7,1 a	9,6 a	12,1 a	13,8 a	14,1 a	14,6 a	15,7 a	17,1 a	18,1 a	40,9 a
Compost	0,9 a	2,8 a	9,7 a	10,6 a	11,8 a	12,4 a	13,0 a	13,9 a	14,2 a	14,6 a	32,1 a
Inorgánico	5,4 a	4,8 a	9,6 a	10,5 a	11,5 a	12,8 a	14,4 a	15,1 a	15,9 a	16,5 a	47,9 a

*Medias con letras iguales en columna indican no diferencia estadísticamente significativa (Tukey $\alpha = 0,05$).

Tabla 2. Ecuaciones de regresión entre altura de la planta y tiempo (DDS)

Tratamiento	Modelo	R2	R2 ajustado	RCME	Coefficiente de variación (%)
Testigo	$\hat{Y}_i = -51,42 + 6,15X_i - 0,197X_i^2 + 0,0021X_i^3$	0,91	0,90	3,60	24,20
Bokashi	$\hat{Y}_i = -45,30 + 5,44X_i - 0,169X_i^2 + 0,0017X_i^3$	0,98	0,97	1,38	9,14
Compost	$\hat{Y}_i = -50,44 + 5,58X_i - 0,165X_i^2 + 0,0016X_i^3$	0,85	0,83	3,37	27,23
Inorgánico	$\hat{Y}_i = -44,93 + 5,63X_i - 0,185X_i^2 + 0,0020X_i^3$	0,95	0,94	2,72	18,20

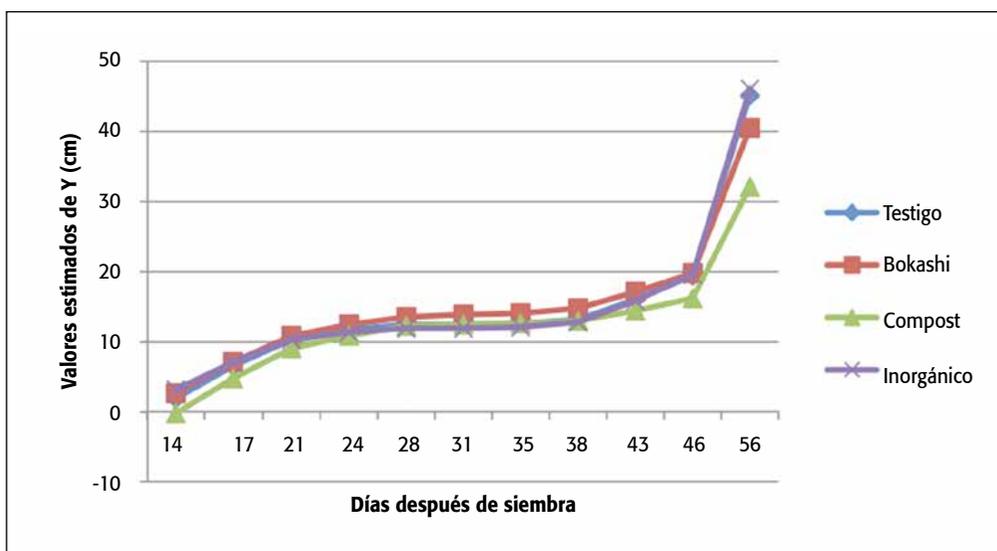


Figura 1. Curvas ajustadas de altura de la planta (cm) para los tratamientos evaluados

Según la figura 1, en las curvas ajustadas para los tratamientos es posible observar que la dinámica de crecimiento de las plantas, medidas en términos de altura, es similar entre los tratamientos a través del tiempo. Adicionalmente, se presentó una tendencia inicial de crecimiento (del día 14 al 24) que luego fue más lenta (días 24 a 38), para volver a reactivarse después del día 43; esta estabilidad de crecimiento en el periodo intermedio pudo haberse debido a que la frecuencia de riego en estos días fue menor.

Discusión

De acuerdo con los resultados encontrados en el presente trabajo no hubo diferencias en la variable altura de planta por la adición de fertilizantes orgánicos comparados con el fertilizante inorgánico y con el testigo, situación que ha sido reportada con anterioridad por Ramírez *et al.* (2010) quienes evaluaron la adición de humus líquido y sólido como fertilizantes orgánicos en plantas de frijol y no encontraron diferencias en

la altura sino hasta pasado el día 50 después de la siembra. Esta situación pudo haber influido en el presente experimento que concluyó en el día 56, y probablemente no dio el tiempo suficiente para mostrar el efecto de los fertilizantes orgánicos, característica que es planteada también por Álvarez y Neysor (2004), quienes indican que el bokashi es un abono de liberación lenta de nutrientes para la planta.

Investigaciones adicionales que probaron el efecto de fertilizantes orgánicos muestran resultados similares. Ancin (2011) evaluó el comportamiento de los fertilizantes orgánicos compost, biol y guano de isla y los comparó con fertilizantes inorgánicos (urea y nitrato de amonio, entre otros) y no encontró diferencias estadísticamente significativas en altura de planta, ante lo cual plantea que el corto periodo de experimentación pudo influir en los resultados. Así mismo, Acevedo y Chávez (2010) analizaron la adición de vermicompost al cultivo de frijol sin encontrar rendimientos mayores en altura de planta por el uso de este al compararlo con fertilizantes inorgánicos, pero en este caso la razón principal atribuida es la ocurrencia de una sequía en el periodo experimental que afectó la expresión de la característica que es fuertemente influenciada por efectos genéticos y medioambientales.

Estudios realizados con mayor tiempo experimental, como en el caso de López *et al.* (2001) en plantas de maíz, demostraron que abonos orgánicos como el compost incrementaron aproximadamente en 10% la humedad del suelo y mostraron utilidades similares en rendimiento del grano que la obtenida con fertilización química, razón por la cual concluyeron que el compost es una alternativa viable para la sustitución o reducción de la fertilización inorgánica.

De acuerdo con lo expuesto se concluye que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la altura de planta de frijol en las lecturas realizadas en el tiempo debido a los efectos de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos

utilizados, por lo cual la tendencia del crecimiento de las plantas en el tiempo fue similar para los diferentes tratamientos evaluados. Se considera que para futuras investigaciones es necesario ampliar el tiempo experimental, aumentar las variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo de la planta, y determinar la composición del suelo y de los fertilizantes con el fin de obtener resultados concluyentes del efecto de los fertilizantes orgánicos en plantas como el frijol bajo las condiciones de trópico alto.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al docente de la asignatura Suelos y Fertilización, ingeniero José Joaquín Pérez A., por facilitar los fertilizantes orgánicos utilizados en el experimento; igualmente, a la doctora Angélica Buitrago V. por asesorar los análisis estadísticos iniciales realizados en el desarrollo de la asignatura Diseño Experimental del programa de Zootecnia.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, H., Chávez, J. (2010). *Comportamiento de cinco variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) y una de caupí (Vigna unguiculata L. Walpers), fertilizadas con vermicompost en la época de postrera, Diriamba, Carazo, 2008*. Managua: Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal.
- Altieri, M. (1994). Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. *Agricultura técnica* (Chile), 54 (4), 371-386.
- Álvarez, O. y Neysor, E. (2004). *Evaluación del efecto de bokashi como fertilizante en cuatro dosis crecientes medido mediante un bioensayo en plantas de sorgo*. Guácimo: Universidad EARTH.
- Ancin, M. (2011). *Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción del frijol (Phaseolus vulgaris L.*

- Var. Alubia*) en el distrito de San Juan de Castrovirreyña-Huancavelica (Perú). Pamplona: Universidad pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Arias, J., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). *Manual: Buenas prácticas agrícolas, en la producción del frijol voluble*. Medellín: FAO.
- Castellanos, R. (1982). La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. Seminarios Técnicos Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Torreón (México).
- Chiriboga, M. (1996). Desafíos de la pequeña agricultura familiar frente a la globalización. Congreso de la Asociación Latinoamericana de Economistas Agrícolas (ALACEA). San José. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) (s. f.). Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012 Recuperado de: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=812>
- Kumar, R., Singh, O., Singh, Y., Dwivedi, S. y Singh, J. (2009). Effect of integrated nutrient management on growth, yield, nutrient uptake and economics of french bean (*Phaseolus vulgaris*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 79 (2), 122-28.
- López, J., Díaz, A., Martínez, E. y Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento del maíz. *Terra*, 19 (4), 293-299.
- López, M., Fernández, F. y Schoonhoven, A. (1985). *Frijol: investigación y producción*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Ciria, P., De Benito, A. et al. (2005). *Producción y gestión del compost*. Zaragoza: Centro de Técnicas Agrarias de Zaragoza, España.
- Pengue, W. (2008). La transnacionalización de la agricultura y la alimentación en América Latina. Seminario-taller Políticas Agrarias y sustentabilidad. Grain [sede web]. Barcelona: Grain.org; 2008. Recuperado de: <http://www.grain.org/article/entries/131-la-transnacionalizacion-de-la-agricultura-y-la-alimentacion-en-america-latina>
- Sueiro, A., Rodríguez, M., De la Cruz, S. (s. f.). El uso de biofertilizantes en el cultivo del frijol: una alternativa para la agricultura sostenible en Sagua la Grande. Recuperado de: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2011/gpm.html>
- Ramírez, R., Ramos, M. A. y Ricardo, S. (2010). Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con el uso de alternativas de fertilización. *Ciencias Holguín* [en línea], XVI (2). Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=181517926015>
- Rebolledo, H. (1998). Estimación de diferentes modelos de regresión a experimentos de fertilización y su comparación con fines de generar recomendaciones óptimas económicas. I. Casos con un factor. *Terra Latinoamericana* [en línea], XVI (3). Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/573/57316308.pdf>
- SAS (2002). *SAS/STAT User's Guide. Statistical Analysis System*. Cary, NC: SAS Institute.
- Shintani, M., Leblanc, H. y Tabora, P. (2000). Bokashi: abono orgánico fermentado. *Guía para uso práctico*. Guácimo, Limón: EARTH.
- Steel, R. y Torrie, J. (1985). *Bioestadística, principios y procedimientos*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Voysest, O. (1983). *Variedades de frijol en América Latina y su origen*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.