Rev. Agricultura Tropical Vol. 2 No. 1:69-76, 2016
RNPS: 2397 (Versión electrónica)

EFECTO DE ALTERNATIVAS ÓRGANO-MINERALES SOBRE LOS INDICADORES DE FERTILIDAD QUÍMICA DEL SUELO EN SISTEMA EXTRADENSO DEL PLÁTANO 'FHIA-21' (AAAB)

Alberto Espinosa Cuéllar[1], Ernesto Espinosa Cuéllar[1], Joaquín Machado de Armas[2], Yoel Beovides García[1] y Osvaldo Triana Martínez[1].
1. Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Villa Clara, Cuba.
2. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Cuba.
**Autor para la correspondencia: fitofer@inivit.cu*

RESUMEN
Los plátanos demandan de elevados requerimientos nutritivos, sobre todo de potasio y nitrógeno, para obtener rendimientos altos y estables en el tiempo. Existen fuentes alternativas de fertilización, que pueden utilizarse para suplir carencias nutricionales del cultivo y mantener la fertilidad de los suelos. El trabajo se realizó en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes combinaciones órgano-minerales en las que se incluye humus de lombriz, estiércol ovino y ceniza con varias dosis de NK, sobre la calidad del suelo Pardo mullido carbonatado del plátano 'FHIA-21' en un sistema extradenso, para ello se desarrollaron tres experimentos, en un diseño completamente al azar con cuatro réplicas. Los tratamientos con alternativas orgánicas solos o combinados con fertilizantes químicos favorecieron los indicadores químicos del suelo y la aplicación de NK 100 % disminuyó el porcentaje de materia orgánica en el mismo. La aplicación de materiales orgánicos y combinaciones órgano-minerales en la fertilización del clon 'FHIA-21' plantado en altas densidades en los diferentes tratamientos estudiados, contribuyó a mantener alto el contenido de P_2O_5 y K_2O.
Palabras clave: alternativas orgánicas, fertilización, indicadores químicos, materia orgánica.

EFFECT ON ALTERNATIVES ORGANO-MINERAL INDICATORS FERTILITY SOIL CHEMISTRY IN EXTRADENSE BANANA 'FHIA-21' (AAAB) SYSTEM

ABSTRACT
Plantain demand high nutritional requirements, especially potassium and nitrogen, to obtain high and stable yields over time. There are alternative sources of fertilizer that can be used to supplement nutritional deficiencies cultivation and maintaining soil fertility. The study was conducted at the Research Institute of Tropical Root Crops with the objective of evaluating the effect of applying different combinations organic-mineral in which vermicompost, sheep manure and ashes with various doses of NK is included on quality carbonated soft brown soil plantain 'FHIA-21' in extradense system, this three experiments were developed in a completely randomized design with four replications. Treatments combined with chemical fertilizers alone favored organic alternatives or chemical indicators of soil and application of NK 100% decreased the percentage of organic matter in it. The application of organic materials and combinations organic-

mineral fertilization clone 'FHIA-21' planted at high densities in the different treatments studied, helped maintain high P_2O_5 and K_2O content.
Keywords: chemical indicators, fertilization, organic alternatives, organic matter.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del plátano es una importante fuente de alimento para gran parte de la población mundial, localizado fundamentalmente en países subdesarrollados de Asia, África y América Central y del Sur En la actualidad se emplean tecnologías de producción basadas en las siembras con altas densidades de plantas por área, lo cual constituye una alternativa para la producción del cultivo del plátano, dando lugar a la obtención de altos rendimientos para un ciclo productivo (Álvarez, 2004).

En Cuba este cultivo es fundamental para lograr el equilibrio de productos en el mercado, el cual constituye un renglón estratégico de elevada prioridad dentro del programa alimentario nacional debido a su capacidad de producir todos los meses del año, su elevado potencial productivo, arraigados hábitos de consumo y diversidad de usos. Por este motivo se hacen grandes esfuerzos por aumentar las áreas destinadas al mismo.

Las limitaciones existentes en el país con los fertilizantes químicos, cuyos suministros de estos solo llegan a suplir alrededor del 25% de las necesidades nutricionales del cultivo, obligan a tener en cuenta otras variantes de fertilización (Rodríguez, 2006). La elaboración de abonos orgánicos constituye una alternativa de manejo al gran volumen de residuos generados en la producción agropecuaria, convirtiéndolos en un producto capaz de constituir una fuente nutricional para los cultivos y el suelo.

Un complemento de la fertilización mineral son los abonos orgánicos, que tienen altos contenidos de materia orgánica y cantidades significativas de elementos nutritivos para las plantas. Dependiendo del nivel aplicado al suelo, originan un aumento en las capacidades de intercambio iónico, de retención de humedad y en el pH (Kalemelawa y col., 2012). En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración del agua, la estructura y la conductividad hidráulica, disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación (Zhai y col., 2011).

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, dado al conocimiento de las bondades con que cuentan estos materiales orgánicos y la aplicación de diferentes combinaciones órgano-minerales, estos pueden llegar a constituir una alternativa para la fertilización del plátano ‘FHIA-21’ en un sistema de siembra extradenso, con lo cual se mejoraría la calidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT).

Se desarrollaron tres experimentos los cuales fueron los siguientes:

Experimento 1. Determinación del efecto del humus de lombriz sobre la fertilidad del suelo en sistema extradenso del plátano ‘FHIA -21’

Tratamientos:

1. Testigo sin fertilización
2. Testigo con 5 kg de ceniza planta^{-1}
3. Testigo de producción

4. 100% NK planta^{-1} (300g N y 720 g K_2O)
5. 7kg humus de lombriz planta^{-1}
6. 5kg humus de lombriz+25% NK (75g N y 180g K_2O) +5 kg de ceniza planta^{-1}
7. 3kg humus de lombriz+25% NK (75g N y 180g K_2O) +5 kg de ceniza planta^{-1}
8. 1kg humus de lombriz+25% NK (75g N y 180g K_2O) +5 kg de ceniza planta^{-1}

Experimento 2. Determinación del efecto del estiércol ovino sobre la fertilidad del suelo en sistema extradenso del plátano 'FHIA -21'

Tratamientos:

1. Testigo sin fertilización
2. Testigo con 5 kg de ceniza planta^{-1}
3. Testigo de producción
4. 100% NK planta^{-1} (300g N y 720 g K_2O)
5. Estiércol ovino 18 kg planta^{-1}
6. Estiércol ovino14 kg+25% NK (75g N y 180g K_2O) +5 kg de ceniza planta^{-1}
7. Estiércol ovino 10 kg+25% NK (75g N y 180g K_2O) +5kg de ceniza planta^{-1}
8. Estiércol ovino 6 kg+25% NK (75g N y 180g K_2O) +5 kg de ceniza planta^{-1}

Experimento 3. Efecto de la fertilización química sobre la fertilidad del suelo en sistema extradenso del plátano 'FHIA-21'

Tratamientos:

1. Testigo sin fertilización
2. Testigo con 5 kg de ceniza planta^{-1}
3. Testigo de producción (100% NK planta^{-1}
4. 100% NK planta^{-1} (300g N y 720 g K_2O)
5. 75% NK (225g N y 540g K_2O) + 5 kg de ceniza planta^{-1}
6. 50% NK (150g N y 360g K_2O) +5 kg de ceniza planta^{-1}
7. 25% NK (75g N y 180g K_2O) +5 kg de ceniza planta^{-1}

Los experimentos se desarrollaron en un suelo Pardo mullido carbonatado, (Hernández *y col.,* 2015). Catalogado como Phaeozems haplic calcaric en correspondencia con la World Reference Base (WRB, 2014). Se empleó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las atenciones culturales se realizaron según Instructivo técnico del cultivo del plátano (MINAG, 2008).

Análisis químicos

Las determinaciones químicas se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Estación Territorial de la Caña de Azúcar (ETICA) ubicada en el municipio Ranchuelo, Villa Clara, utilizándose los siguientes métodos.

- materia orgánica según Walkley y Black (NRAG 837) (1980)
- pH en solución de KCL y en H_2O (1 N) (NRAG 878) (1980)
- fósforo y potasio asimilables según Oniani, con solución extractiva H_2SO_4 0.1 N. El fósforo se determinó electro-fotocolorimétricamente y el potasio por fotometría de llama (NRAG 892) (1980).

Análisis estadístico

Se realizaron pruebas paramétricas, para ello se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS - 5. Se aplicó ANOVA de clasificación simple y la prueba de comparación de medias por Tukey (HSD) a $p<0.05$ y en los casos donde no se observó homogeneidad de varianza se utilizó Dunnet C'.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo original tiene un contenido bajo de materia orgánica, así como un pH ligeramente alcalino en KCl y en H_2O. Los contenidos de P_2O_5 y K_2O asimilables pueden catalogarse como muy altos, según los criterios de (Yepis *et al*., 2000).

En la Tablas 1 se puede observar el efecto de la fertilización órgano-mineral a partir del uso de humus de lombriz sobre indicadores químicos de la fertilidad del suelo , aunque se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos en cuanto al contenido de materia orgánica, ésta se mantuvo en la misma categoría siendo los tratamientos 3,5,6,7 y 8 los que tuvieron mayores valores con diferencias con los demás tratamientos, debido a que en ellos se utilizo alguna alternativa orgánica. Aquel tratamiento que aportaba sólo fertilizantes de origen mineral (tratamiento 4) fue el que menor contenido de materia orgánica mostró; ello evidencia un efecto negativo de la fertilización química sobre este indicador y en consecuencia sobre la calidad el suelo. Se aprecia que aquellos tratamientos donde se aportaron fuentes orgánicas que contenían ceniza aumentaron el contenido de potasio del suelo con diferencias significativas con los demás tratamientos y sin diferencias con el tratamiento 100 % NK. El contenido de fósforo en el suelo no vario con el uso de las alternativas utilizadas. El pH en agua entre los no tuvo diferencias tratamientos.

Tabla 1. Efecto de la fertilización órgano-mineral a partir del uso de humus de lombriz sobre indicadores químicos de la fertilidad del suelo.

Tratamientos	MO (%)	Fósforo (mg P_2O_5. $100g^{-1}$)	Potasio (mg $K_2O.100g^{-1}$)	pH (H_2O)	pH (KCl)
1	2,54 b	36,05 c	27,40 e	8,08 a	7,36 a
2	2,50 b	43,92 bc	37,91 cd	8,15 a	7,34ab
3	2,84 a	38,58 c	32,72 de	8,25 a	7,22d
4	2,31 c	87,26 a	47,00 ab	8,02 a	7,20e
5	2,86 a	49,22 bc	43,33 bc	8,17 a	7,20 e
6	2,89 a	69,20 b	51,04 a	8,08 a	7,26 c
7	2,82 a	67,50 b	47,89 ab	8,22 a	7,27c
8	2,81 a	56,90 bc	45,07 ab	8,15 a	7,23d
ES (±)	0,029*****	3,17*****	2,34*****	0,054ns	0,003*****

***** (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para $p<0,05$.

Leyenda:

1- Testigo sin Fert., 2- Test. 5kg ceniza, 3- 6kg estiércol + 25% NK + 3kg estiércol, 4- 100% NK, 5- 7kg humus de lombriz, 6- 5kg humus de lombriz + 25% NK + 5kg ceniza,7-3 kg humus de lombriz + 25% NK + 5kg de ceniza, 8- 1 kg humus de lombriz + 25% NK + 5kg ceniza.

Tabla 2. Efecto de la fertilización órgano-mineral a partir de estiércol ovino sobre indicadores químicos de la fertilidad del suelo.

Tratamientos	MO (%)	Fósforo (mg P_2O_5.100g^{-1})	Potasio (mg K_2O.100g^{-1})	pH (H_2O)	pH (KCL)
1	2,54 d	36,05 d	27,40 e	8,08 a	7,36 a
2	2,50 d	43,92 d	37,91 c	8,15 a	7,33 b
3	2,84 bc	38,58 d	32,72 d	8,25 a	7,22g
4	2,31 e	87,26 a	47,00 ab	8,02 a	7,20 f
5	2,98 a	41,06 d	44,87 ab	8,15 a	7,24e
6	2,95 ab	81,25 a	46,01 b	8,15 a	7,28 d
7	2,82 bc	70,52 b	50,62 a	8,15 a	7,24 e
8	2,81 c	58,73 c	47,94 ab	8,15 a	7,31 c
ES (±)	0,029*****	2.20*****	1,60*****	0,034 ns	0,003*****

***** (a,b,c,d,e,f,g) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para p<0,05

Leyenda:

1- Testigo sin Fert., 2- Testigo 5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25% NK + 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 18kg estiércol ovino, 6- 14 kg estiércol ovino + 25% NK + 5kg ceniza, 7- 10kg estiércol ovino + 25% NK + 5kg ceniza, 8- 6kg estiércol ovino +25% NK + 5kg ceniza.

En la tabla 2 se ilustra el efecto de la aplicación de materiales orgánicos y combinaciones órgano-minerales en la fertilización del clon 'FHIA-21' plantado en altas densidades en los diferentes tratamientos en este caso con estiércol ovino. El contenido de materia orgánica alcanzo los mejores valores con los tratamientos 5 y 6 los que tuvieron diferencias significativas con los demás tratamientos en este aspecto. El contenido de fósforo en el suelo no vario con el uso de las alternativas utilizadas y el contenido de potasio alcanzo los mayores valores en los tratamientos 4,5 7 y 8 contribuyendo a mantener alto el contenido de K_2O. No obstante, sus valores asimilables iniciales en el suelo utilizado ya eran altos. El pH en agua entre los no tuvo diferencias tratamientos.

La tabla 3 muestra el efecto de la fertilización química sobre los indicadores de la fertilidad del suelo. El contenido de la materia orgánica obtiene los mejores valores en los tratamientos 3,5,6 y 7 donde se utilizaron alternativas de fertilización orgánica con diferencias significativas con los demás tratamientos. Es muy significativo el incremento que se produce del potasio cuando éste se aplica de forma mineral, ya sea como KCl o ceniza, aumentado así el K_2O asimilable en el suelo. El pH en agua, aunque tuvo diferencias entre los tratamientos no cambió de categoría.

Rodríguez, (2006) y Espinosa, (2009) observaron que la ceniza mejora las condiciones físicas y químicas del suelo, manifestando a través del aumento de los agregados estables y en el nivel de fósforo y potasio del suelo.

El uso de abonos orgánicos es una práctica muy utilizada en algunas zonas bananeras del mundo debido a su efecto positivo en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Lahav y Turner (1992) mencionan el uso de hasta 500 t.ha^{-1} por año de materia orgánica.

Tabla 3. Efecto de la fertilización química sobre indicadores químicos de la fertilidad del suelo.

Tratamientos	MO (%)	Fósforo (mg P_2O_5· $100g^{-1}$)	Potasio (mg $K_2O.100g^{-1}$)	pH (H_2O)	pH (KCL)
1	2,54 b	36,05 d	27,40 e	8,08 c	7,36 a
2	2,50 b	43,92 cd	37,91 cd	8,15 b	7,33 b
3	2,84 a	38,58 cd	32,72 de	8,25 ab	7,22 d
4	2,31 c	87,26 a	47,00 ab	8,02 de	7,20 de
5	2,61 ab	47,68 c	49,38 ab	8,05 cd	7,16 e
6	2,62 ab	66,17 b	51,45 a	8,29 a	7,25 c
7	2,67 ab	46,70 c	43,67 bc	8,15 b	7,21 d
ES (±)	0,034*****	2,27*****	2,53*****	0,05*****	0,003*****

***** (a,b,c,d,e) medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey (HSD) para p<0,05.

Leyenda:

1- Testigo sin Fert., 2- Test. 5kg ceniza, 3- 6kg estiércol ovino + 25% NK + 3kg estiércol ovino, 4- 100% NK, 5- 75% NK + 5Kg ceniza, 6- 50% NK + 5kg ceniza, 7- 25% NK + 5kg ceniza.

Por otra parte, Rodríguez (2008), añade que la aplicación de cachaza mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, por lo que aumenta su fertilidad y además incorpora macro y micronutrientes, fundamentalmente calcio y magnesio. Por su parte en estudios realizados con diferentes niveles de cachaza en la caña de azúcar, se registró un aumento en el contenido de P total, fósforo asimilable, el contenido de nitrógeno total, materia orgánica y el pH del suelo.

Bolaños y col., (2003) exponen que la aplicación conjunta de materia orgánica y fertilizante mineral ejerce un efecto positivo sobre el suelo, contribuyendo con el crecimiento y la formación de raíces secundarias y terciarias. Esto a su vez, mejora la capacidad de absorción de nutrientes minerales por las plantas de plátano.

A su vez Thompson (2011) afirmó que la aplicación de abonos orgánicos en combinación con fertilizantes minerales es una alternativa sostenible para la producción de plátano, puesto que el efecto rápido del fertilizante, brinda a la planta los nutrimentos que aún el abono orgánico no libera y la liberación lenta que se da en los abonos orgánicos permite que la planta vaya tomando los nutrientes conforme los va necesitando y evita las pérdidas por lixiviación y volatilización que se reflejan mayormente en el trópico húmedo.

CONCLUSIONES

1. La utilización de humus de lombriz con alternativas orgánicas solos o combinados con fertilizantes químicos favoreció los indicadores químicos del suelo y la aplicación de NK 100 % disminuyó el porcentaje de materia orgánica en el mismo.
2. La utilización de Estiércol ovino combinados con fertilizantes químicos favoreció los indicadores químicos del suelo.
3. El uso de fertilizantes químicos disminuyo el porcentaje de materia orgánica en el suelo y favoreció las cantidades de fósforo y potasio en el mismo.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, J.M. 2004. Instructivo técnico "Tecnología del futuro". 20 p.

BOLAÑOS, M.; H. MORALES y L. CELIS. 2003. Fertilización (orgánica-química) y producción de 'Dominico hartón'. *Infomusa,* 12, 36-45.

CAIRO, P. 2003. La fertilidad física del suelo y la agricultura sostenible en los trópicos. UCLV. Memoria magnética.

CAIRO, P. 2001.La fertilidad física y la agricultura en el trópico. 138.p

ESPINOSA, A. 2009. Efecto de diferentes combinaciones órgano-minerales sobre la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente lavado y el rendimiento del plátano 'FHIA-21' en sistema extradenso. Tesis de Maestría en agricultura sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.

YEPIS, Y.; O. FUNDORA, C. PEREIRA y T. CRESPO. 1999. la contaminación ambiental por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en el cultivo del tomate. *Scientia gerundensis*, 24: 5-12.

HERNÁNDEZ, J. A.; J.J.M. PÉREZ; I.D. BOSCH y S.N. CASTRO. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba. 93 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.

KALEMELAWA, F.; NISHIHARA, E.; ENDO, T.; AHMAD, Z.; YEASMIN, R.; TENYWA, M. M. and S. YAMAMOTO. 2012. ''An evaluation of aerobic and anaerobic composting of banana peels treated with different inoculums for soil nutrient replenishment''. *Bioresource Technology*, vol. 126, diciembre de 2012, (ser. Advances in Biological Waste Treatment and Bioconversion Technologies), pp. 375-382, ISSN 0960-8524, DOI 10.1016/j.biortech.2012.04.030.

LAHAV E y D. W. TURNER. 1992. Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda ed. Boletín Nº 7. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador. 71 p.

MINAG. 2008. Instructivo técnico para el cultivo del plátano.

MINAG. NRAG 837- 86. 1980. Suelos. Análisis químico. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio.

MINAG. NRAG 878-87. 1980. Suelos. Análisis químico. Determinación de los índices del grado de acidez.

MINAG. NRAG 892-88. 1980. Suelos. Análisis químicos. Determinación de los contenidos de fósforo y nitrógeno total, % de materia orgánica y humus.

RODRÍGUEZ, U.; B. MARTIN y D. ARMARIO. 2008. Influencia de las combinaciones órgano-minerales en la calidad del suelo pardo mullido carbonatado y el rendimiento del banano FHIA -18 en altas densidades de población. *Revista Centro Agrícola*, 35 (3). 31-35 julio-sept.

RODRÍGUEZ URRUTIA, A. 2006. Efecto de la aplicación de diferentes combinaciones órgano-minerales sobre la calidad del suelo Pardo con carbonatos y el rendimiento del banano, cultivar FHIA-18 en un sistema extradenso. Trabajo de Diploma. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UCLV.

THOMPSON, A.K. 2011. "Banana (*Musa* spp.)''. En: ed. Yahia E. M., Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits, (ser. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*, no. ser. 207), edit. Woodhead Publishing. pp. 216-243, ISBN 978-1-84569-734-1, CABDirect2.

WRB (WORLD REFERENCE BASE FOR SOIL RESOURCES): 2014.International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Reports no. 106. FAO, Roma, Italia. 81 p. ISSN: 0532-0488.

ZHAI, L.; H. LIU; J. ZHANG; J. HUANG and B. WANG. 2011. ‘‘Long-Term Application of Organic Manure and Mineral Fertilizer on N_2O and CO_2Emissions in a Red Soil from Cultivated Maize-Wheat Rotation in China’’. *Agricultural Sciences in China*, vol. 10, no. 11, November de 2011, pp. 1748-1757, ISSN 1671-2927, DOI 10.1016/S1671-2927(11)60174-0.