

## Study of the chemical soil fertility in the biomass bank technology of *Pennisetum purpureum* Schum cv. CUBA CT-115 with different exploitation years

### Estudio de la fertilidad química del suelo en la tecnología de banco de biomasa de *Pennisetum purpureum* Schum vc. CUBA CT-115 con diferentes años de explotación

G. Crespo and R.O. Martínez

*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*

*Email: gcrespo@ica.co.cu*

The change of chemical fertility of a ferrallitic red brown soil in the biomass bank technology of *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 was researched with different years of exploitation (6, 12 and 18 years, respectively). The pH indicators (in KCL), MO, N, P, K, Ca and Mg were researched. The data were subjected to variance analysis, according to simple classification model and the t-Student test was used in necessary cases. With the longer time of exploitation of 18 years, there was significant increase ( $P < 0.0001$ ) of the OM (3.07 to 5.16 %), followed by the biomass bank with 12 years (3.04 to 3.71%), while the P content significantly decreased ( $P < 0.0056$ ) in the biomass bank of 18 years (57.84 to 39.21 ppm), but did not varied in 12 years. The soil in the biomass bank of 6 years did not showed variation of the studied chemical indicators. The results indicated that there is an increase of the soil OM as it is higher the exploitation time of the biomass bank and P content decrease. It is recommended that, under similar soil conditions, the monitoring of the soil fertility state, mainly of the P assimilable content, from 6 years of uninterrupted exploitation with this technology.

**Key words:** *biomass bank cv. Cuba CT-115, exploitation years, chemical indicators*

The main problem of tropical cattle is the lack of food for animals during the dry season, which could last from 6 to 7 months uninterruptedly and it is the critical period for cattle rearing.

The variety Cuba CT-115 of *Pennisetum purpureum* was obtained by the issue culture technique, from king grass corns at the Instituto de Ciencia Animal, plant that proved to be able to store feed in the field for the drought period, resist grazing, has high content of sugars and produce favorable regrowth and tillering after grazing (Valenciaga *et al.* 2009, Fortes *et al.* 2012), useful characteristics to fulfill the needs of this season.

The technology for the use of Cuba CT-115 as biomass bank has had wide acceptance by the Cuban producers. The provinces Villa Clara, Cienfuegos, Pinar del Río and Granma are highlighted, whose producers considered that its productive results have been driven by sowing and the use of Cuba CT-115 in grazing. Other provinces, as Guantánamo, Las Tunas and Santiago de Cuba, consider that this

Se investigó el cambio de la fertilidad química de un suelo ferralítico pardo rojizo en la tecnología de banco de biomasa de *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 con diferentes años de explotación (6, 12 y 18 años, respectivamente). Se investigaron los indicadores pH (en KCl), MO, N, P, K, Ca y Mg. Los datos se sometieron al análisis de varianza, según modelo de clasificación simple y se utilizó la d-Student en los casos necesarios. Con el mayor tiempo de explotación de 18 años, se produjo incremento significativo ( $P < 0.0001$ ) de la MO (3.07 a 5.16 %), seguido del banco de biomasa con 12 años (3.04 a 3.71%), mientras que el contenido de P disminuyó significativamente ( $P < 0.0056$ ) en el banco de biomasa de 18 años (57.84 a 39.21 ppm), pero no varió en el de 12 años. El suelo en el banco de biomasa de 6 años no mostró variación de los indicadores químicos estudiados. Los resultados indicaron que se produce incremento del contenido de MO del suelo a medida que es mayor el tiempo de explotación del banco de biomasa y decrece el contenido de P. Se recomienda que, en similares condiciones de suelo, el monitoreo del estado de fertilidad del suelo, principalmente del contenido de P asimilable, a partir de los 6 años de explotación ininterrumpida con esta tecnología.

**Palabras clave:** *banco de biomasa vc. Cuba CT-115, años de explotación, indicadores químicos*

El problema fundamental de la ganadería tropical es la escasez de alimentos para los animales durante la época seca, que puede durar de 6 a 7 meses ininterrumpidos y constituye el período crítico para la ganadería.

En el Instituto de Ciencia Animal de Cuba se logró obtener mediante la técnica de cultivo de tejidos, a partir de callos de king grass, la variedad Cuba CT-115 de *Pennisetum purpureum*, planta que demostró poder almacenar alimento en el campo para el período de sequía, resistir el pastoreo, poseer alto contenido de azúcares y producir favorable rebrote y ahijamiento después del pastoreo (Valenciaga *et al.* 2009, Fortes *et al.* 2012), características útiles para satisfacer las necesidades de esta época.

La tecnología para la utilización de Cuba CT-115 como banco de biomasa ha tenido gran aceptación por los productores de Cuba. Se destacan las provincias de Villa Clara, Cienfuegos, Pinar del Río y Granma, cuyos productores consideran que sus resultados productivos han sido impulsados por la siembra y utilización del Cuba CT-115 en pastoreo. Otras provincias, como

technology is one of the best options for solving their current feeding problems in the dry period (Martínez 2010).

In milk production, the technology allowed increasing productivity by area, from less than 500 L ha<sup>-1</sup> to levels above 2000 L ha<sup>-1</sup> and the economic gains will exceed the 3,000 Cuban pesos (Martínez 2010). However, the effect that will have the application of this technology to long - term on the chemical characteristics of soils it is not known.

The objective of this study was to research the performance of chemical fertility of the soil, depending on the exploitation time of biomass bank technology of Cuba CT-115 in an Eutric ferrallitic red brown soil from Mayabeque province, Cuba.

### Materials and Methods

The research was conducted in an experimental dairy farm from the Instituto de Ciencia Animal, where the BiomassBank technology of Cuba CT-115 is developed. The 100 cows from the dairy had very similar characteristics, in terms of number of lactations, milk production, age and liveweight. The grazing hours and rest in the shade buildings and the supply of mineral salts and water were similar for all animals.

This dairy unit occupies an area of 60 ha and is divided into paddocks of 0.8 ha each, on average. The 33% of the area is planted with *P. purpureum* cv. Cuba CT-115, which is used as biomass bank. The remaining 67% of the area, that is, 42 ha, is divided into 52 paddocks, in which predominate short grasses, as star grass (*Cynodon nlemfuensis*), brachiaria (*Brachiaria decumbens*), tejana (*Paspalum notatum*), jiribilla (*Dichantium annulatum*), guinea mombaza (*Megathirzus maximus* cv. Mombaza) and others.

The soil samplings in the biomass bank were carried out in the paddocks which have 6, 12 and 18 exploitation years, respectively. The predominant soil in this area of the dairy unit is the Eutric ferrallitic red brown, on marly limestone (Hernández *et al.* 2015).

*Experimental procedure.* First of all the representative paddocks of the biomass bank of Cuba CT-115 which fulfill with the different exploitation times indicated were selected. This was carried out from the analysis of dispersion and position statistics (X, DS and CV) for botanical composition and soil cover, so that those paddocks with the values of these statistics closer to the mean were chosen. Thus, the paddocks 6 (6years), 20 (12years) and 80 (18years) were sampled.

In each paddock of 1.5 ha each, an initial soil sampling was performed before planting Cuba CT - 115. Then, in 2014, the sampling was repeated, with the same procedure as the first time.

The soil samples were extracted with helicoidal drill, at a depth of 0 – 20 cm, in nine points distributed on the diagonals of each paddock. In each of these

Guantánamo, Las Tunas y Santiago de Cuba, consideran que esta tecnología es una de las mejores opciones para la solución de sus problemas actuales de alimentación en el período seco (Martínez 2010).

En producción de leche, la tecnología permitió incrementar la productividad por área, desde menos de 500 L ha<sup>-1</sup> hasta niveles superiores a 2000 L ha<sup>-1</sup> y las ganancias económicas llegaron a superar los 3000 pesos cubanos (Martínez 2010). Sin embargo, no se conoce el efecto que pueda tener la aplicación de esta tecnología a largo plazo en las características químicas de los suelos.

El objetivo del presente estudio fue investigar el comportamiento de la fertilidad química del suelo, en dependencia del tiempo de explotación de la tecnología del banco de biomasa de Cuba CT-115 en un suelo Ferralítico pardo rojizo eutrico de la provincia de Mayabeque, Cuba.

### Materiales y Métodos

La investigación se condujo en una lechería experimental del Instituto de Ciencia Animal, donde se desarrolla la tecnología de Banco de Biomasa de Cuba CT-115. Las 100 vacas de la vaquería presentaron características muy similares, en cuanto a número de lactancias, producción de leche, edad y peso vivo. Los horarios de pastoreo y de descanso en las naves de sombra, así como el suministro de sales minerales y agua, fueron similares para todos los animales.

El pastizal de esta vaquería ocupa un área de 60 ha y se divide en cuartones o potreros de 0.8 ha cada uno, como promedio. El 33 % del área está plantada con *P. purpureum* cv. Cuba CT-115, que se utiliza como banco de biomasa. El 67 % restante del área, o sea, 42 ha, está dividida en 52 cuartones, en los que predominan pastos de bajo porte, como estrella (*Cynodon nlemfuensis*), brachiaria (*Brachiaria decumbens*), tejana (*Paspalum notatum*), jiribilla (*Dichantium annulatum*), guinea mombaza (*Megathirzus maximus* cv. Mombaza) y otros.

Los muestreos de suelo en el banco de biomasa se realizaron en los cuartones que tenían 6, 12 y 18 años de explotación, respectivamente. El suelo predominante en esta área de la vaquería es el Ferralítico pardo rojizo eutrico, sobre caliza margosa (Hernández *et al.* 2015).

*Procedimiento experimental.* Primeramente se seleccionaron los cuartones representativos del banco de biomasa de Cuba CT-115 que cumplieran con los diferentes tiempos de explotación indicados. Esto se realizó a partir del análisis de los estadígrafos de dispersión y de posición (X, DS y CV) para la composición botánica y cobertura del suelo, de modo que se escogieron aquellos cuartones con los valores de estos estadígrafos más próximos a la media. Así, se muestrearon los cuartones 6 (6 años), 20 (12 años) y 80 (18 años).

En cada cuartón de 1.5 ha cada uno, se realizó un muestreo inicial de suelo antes de hacer la plantación de Cuba CT – 115. Después, en el año 2014, se repitió el muestreo, con igual procedimiento que la primera vez.

Las muestras de suelo se extrajeron con barrena

points, five partial samples were taken which were uniformly mixed to form 18 samples in total, formed by paddocks. These sampling were carried out at the beginning of the rainy season, that is, between 15 and 30 June.

All soil samples were air dried and then milled and passed through a sieve with holes of 1mm. 50 g of each were used for the analysis in the laboratory. To each sample was determined pH in KCl (potentiometer) and organic matter (OM) (Walkley & Black, cit. by Jackson 1970), nitrogen (N) (Latimer 2012), phosphorus (P), potassium (K) (Oniani 1964), calcium (Ca) and magnesium (Mg) (Paneque *et al.* 2010).

*Statistical analysis of the results.* A completely randomized design was applied, with two treatments and 18 repetitions. The treatments were the state of soil fertility, at the beginning and end of each exploitation time, while the repetitions were formed by the 18 sampling points in each case. An analysis of variance was performed, according to simple classification model. The t-Student test was used, in necessary cases. The statistical package proposed by Di Rienzo *et al.* (2012) was used.

### Results and Discussion

One of the most significant results in this research was the highest increase found in the OM content of the soil in the area with higher exploitation time of the biomass bank (tables 1 and 2).

Several researchers indicated that the type of

helicoidal, a profundidad de 0 – 20 cm, en nueve puntos distribuidos en las diagonales de cada cuartón. En cada uno de esos puntos, se tomaron cinco muestras parciales que se mezclaron uniformemente para formar 18 muestras en total, compuestas por cuartón. Estos muestreos se realizaron al inicio de la estación lluviosa, o sea, entre el 15 y 30 de junio.

Todas las muestras de suelo se secaron al aire y después se molieron y se pasaron por un tamiz con orificios de 1 mm. Se utilizaron 50 g de cada una de ellas para el análisis en el laboratorio. A cada muestra se le determinó pH en KCl (potenciómetro) y materia orgánica (MO) (Walkley & Black, cit. por Jackson 1970), nitrógeno (N) (Latimer 2012), fósforo (P), potasio (K) (Oniani 1964), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Paneque *et al.* 2010).

*Análisis estadístico de los resultados.* Se aplicó un diseño completamente aleatorizado, con dos tratamientos y 18 repeticiones. Los tratamientos fueron el estado de fertilidad del suelo, al inicio y al final de cada tiempo de explotación, mientras que las repeticiones las conformaron los 18 puntos de muestreo en cada caso. Se realizó análisis de varianza, según modelo de clasificación simple. Se empleó la dócima de t-Student, en los casos necesarios. El paquete estadístico utilizado fue el propuesto por Di Rienzo *et al.* (2012).

### Resultados y Discusión

Uno de los resultados de mayor significación en esta investigación fue el incremento más alto que se encontró en el contenido de MO del suelo en el área con mayor tiempo de explotación del banco de biomasa (tablas 1

Table 1. Chemical indicators of the soil in the biomass bank with 18 exploitation years

Bank age	Indicators	Start	End	SE±	Signification
18 years	pH (KCL)	7.02	6.49	0.20	NS
	MO, %	3.07	5.16	0.09	P < 0.0001
	P, ppm	57.84	39.21	3.51	P < 0.0056
	K, ppm	152.22	114.74	12.47	NS
	Ca, %	12.08	13.90	0.52	P < 0.0377
	Mg, %	2.56	1.85	0.29	NS

NS = not significant

vegetation have marked influence on the content and nature of the soil OM (Carvalho *et al.* 2010). Most of them agree that the exploitation time with perennial plant species have higher effect than with annual crops (Ernst & Siri-Prieto 2009).

In a previous research, conducted in an area near this experiment, Lok *et al.* (2009) found increased of OM content and assimilable N of the soil in the biomass bank that already had more than 10 exploitation years. In this research, the mentioned authors identified that the litter which was accumulated on the soil, and the high root development of Cuba CT-115 (up to 50 cm deep) were the main causes of that performance.

Also Crespo *et al.* (2004) estimated that the Cuba

y 2).

Varios investigadores indicaron que el tipo de vegetación tiene influencia marcada en el contenido y naturaleza de la MO del suelo (Carvalho *et al.* 2010). La mayoría coincide en que el tiempo de explotación con especies de plantas perennes tiene mayor efecto que con cultivos anuales (Ernst & Siri-Prieto 2009).

En una investigación previa, conducida en un área cercana a este experimento, Lok *et al.* (2009) encontraron aumento del contenido de MO y N asimilable del suelo en el banco de biomasa que ya llevaba más de 10 años de explotación. En esa investigación, los autores citados identificaron que la hojarasca que se acumulaba sobre el suelo, así como el alto desarrollo radicular de Cuba CT-

Table 2. Chemical indicators of the soil in the biomass bank with 12 exploitation years

Bank age	Indicators	Start	End	SE±	Signification
12 years	pH (KCL)	5.74	5.19	0.30	NS
	MO, %	3.04	3.71	0.11	P<0.0026
	P, ppm	37.51	27.34	5.32	NS
	K, ppm	109.46	97.64	18.56	NS
	Ca, %	4.91	5.48	0.14	P<0.0233
	Mg, %	1.58	1.10	0.15	P<0.0289

NS = not significant

CT-115, which occupied 15% of the area in a diversified system, produced 2.58 t DM ha<sup>-1</sup> of litter in a year. Taking into account this value, it could be estimated that in 18 years (maximum time studied in this experiment) the total amount of accumulated litter may have been considerable. There is no doubt that this high amount of litter, produced by the plants of CT-115 in the biomass bank, could be the main cause of the increase of OM content in the soil.

It has been proved that detritivores soil organisms, such as millipedes (*Glomeridesmida*), mealybugs (*Hemiptera*) and snails (*Pulmonata*) acts above the soil surface as epigeal organisms that, when feeding on litter, help to its fragmentation and begin the decomposition process, thus increasing the exhibition area for the microflora attack. The soil engineers, which are form by consumer groups of OM, such as worms (*Haplotaxida*), termites (*Isoptera*) and ants (*Hymenoptera*), have a specific effect within the soil, which causes changes of their physico-chemical properties with the formation of stable aggregates, which favors the movement and water retention, gas exchange and the total content of OM (Lavelle 2000).

Although with 12 exploitation years, the OM content increased with respect to the initial value (table 2) this increase was not as marked as in the bank with 18 years of continuous management, which could be due to the lower volume of litter accumulated in the first case.

The increase of Ca content in the soil in the biomass bank with higher exploitation ages (18 and 12 years) agree with that found by Crespo & Otero (2011), when researching the fertility performance of a brown soil with carbonate 1.5 years after sowing the Cuba CT-115. These authors attributed this performance to the contribution of Ca that the roots of this plant made, which in addition of having high depth and biomass than the remaining grasses that are commonly used in grasslands (Lok *et al.* 2009).

In the soil of the biomass bank with 6 exploitation years (table 3) there was not significant variation in the soil chemical indicators which were analyzed.

The absence of change in the values of the soil indicators in the biomass bank with 6 exploitation years indicates that, initially, the supply of nutrients in

115 (hasta 50 cm de profundidad) fueron las principales causas de ese comportamiento.

También Crespo *et al.* (2004), estimaron que el Cuba CT-115, que ocupó el 15% del área en un sistema diversificado, produjo 2.58 t MS ha<sup>-1</sup> de hojarasca en un año. Si se tiene en cuenta dicho valor, se podría estimar que en 18 años (máximo tiempo estudiado en el presente experimento) la cantidad total de hojarasca acumulada pudo haber sido considerable. No hay dudas de que esa elevada cantidad de hojarasca, producida por las plantas de CT-115 en el banco de biomasa, pudo constituir la causa principal del incremento del contenido de MO en el suelo.

Se ha comprobado que los organismos detritívoros del suelo, como los milpiés (*Glomeridesmida*), las cochinillas (*Hemiptera*) y los caracoles (*Pulmonata*), funcionan a nivel de la superficie del suelo como organismos epígeos que, al alimentarse de la hojarasca, ayudan a su fragmentación e inician el proceso de descomposición, aumentando así la superficie de exposición para el ataque de la microflora. Los ingenieros del suelo, que involucran grupos consumidores de MO, como las lombrices (*Haplotaxida*), las termitas (*Isoptera*) y las hormigas (*Hymenoptera*), tienen un efecto específico en el interior del suelo, que ocasiona transformaciones de sus propiedades físico-químicas con la formación de agregados estables, lo que favorece el movimiento y la retención de agua, el intercambio gaseoso y el contenido total de MO (Lavelle 2000).

Aunque con 12 años de explotación, el contenido de MO aumentó con respecto al valor inicial (tabla 2) este incremento no fue tan marcado como en el banco con 18 años de manejo continuado, lo que se pudo deber al menor volumen de hojarasca acumulada en el primer caso.

El aumento del contenido de Ca en el suelo en el banco de biomasa con mayores edades de explotación (18 y 12 años) concuerda con lo encontrado por Crespo & Otero (2011), al investigar el comportamiento de la fertilidad de un suelo pardo con carbonato 1.5 años después de plantar el Cuba CT-115. Estos autores atribuyeron este comportamiento al aporte de Ca que hicieron las raíces de esta planta, las que además de presentar mayor profundidad y biomasa que las gramíneas restantes que se utilizan comúnmente en los pastizales (Lok *et al.* 2009).

En el suelo del banco de biomasa con 6 años de explotación (tabla 3) no se encontró variación significativa en los indicadores químicos del suelo que se analizaron.

Table 3. Chemical indicators of the soil in the biomass bank with 6 exploitation years

Bank age	Indicators	Start	End	SE±	Signification
6 years	pH (KCL)	6.00	5.95	0.48	NS
	MO, %	3.13	3.27	0.08	NS
	P, ppm	38.43	37.75	3.71	NS
	K, ppm	106.32	108.15	21.37	NS
	Ca, %	15.40	15.80	0.44	NS
	Mg, %	1.12	0.99	0.08	NS

NS = not significant

the soil was high (Oniani 1964, Paneque *et al.* 2010), enough to supply the Cuba CT-115 requirements with the performed management. However, the marked decrease of P content in the soil in the bank with 18 exploitation years, indicates the need to begin monitoring the state of soil fertility in these areas from 6 exploitation years.

Vanden Bygaart *et al.* (2010) found in 27 experiments in Canada that the re-monitoring of the soil during 30 years in the areas occupied by permanent grasslands, has shown marked OM increases in these areas, with respect to what happens in areas with annual crops.

The results of this research showed that there is increase of the organic matter content of the soil as it is higher the exploitation time of biomass bank with the Cuba CT-115 variety and, under similar conditions, will have to monitor the soil fertility state, mainly the content of assimilable P, from 6 exploitation years of this technology.

La ausencia de cambio en los valores de los indicadores del suelo en el banco de biomasa con 6 años de explotación indica que, inicialmente, el abastecimiento de nutrientes en el suelo fue alto (Oniani 1964, Paneque *et al.* 2010), suficiente para abastecer los requerimientos del Cuba CT-115 con el manejo efectuado. No obstante, la disminución marcada del contenido de P en el suelo en el banco con 18 años de explotación, indica la necesidad de comenzar a monitorear el estado de fertilidad del suelo en estas áreas a partir de 6 años de explotación.

Vanden Bygaart *et al.* (2010) encontraron en 27 experimentos en Canadá que el re monitoreo del suelo durante 30 años, en las áreas ocupadas por pastizales permanentes, ha mostrado incrementos marcados de MO en dichas áreas, con respecto a lo que ocurre en las áreas con cultivos anuales.

Los resultados de esta investigación demostraron que se produce incremento del contenido de MO del suelo a medida que es mayor el tiempo de explotación del banco de biomasa con la variedad Cuba CT-115 y que, en similares condiciones, habrá que monitorear el estado de fertilidad del suelo, principalmente el contenido de P asimilable, a partir de los 6 años de explotación de esta tecnología.

## References

- Carvalho, J. L. N., Raucci, G. S., Cerri, C. E. P., Bernoux, M., Feigl, B. J., Wruck, F. J. & Cerri, C. C. 2010. "Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil". *Soil and Tillage Research*, 110(1): 175–186, ISSN: 0167-1987, DOI: 10.1016/j.still.2010.07.011.
- Crespo, G., Lok, S. & Rodríguez, I. 2004. "Production of leaf litter and contribution of N, P and K in two grasslands with different species composition". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 38(1): 97–101, ISSN: 2079-3480.
- Crespo, G. & Otero, L. 2011. "Effect of the plantation of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 on the variation of the physico-chemical properties of the soils in the Picadura farm, Cuba". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4): 429–433, ISSN: 2079-3480.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Ernst, O. & Siri-Prieto, G. 2009. "Impact of perennial pasture and tillage systems on carbon input and soil quality indicators". *Soil and Tillage Research*, 105(2): 260–268, ISSN: 0167-1987, DOI: 10.1016/j.still.2009.08.001.
- Fortes, D., Herrera, R. S., García, M., Cruz, A. M. & Romero, A. 2012. "Chemical composition of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 used as biomass bank". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(3): 321–329, ISSN: 2079-3480.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. & Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7.
- Jackson, M. L. 1970. Análisis químico de suelos. 2nd ed., Barcelona, España: Omega, 662 p., OCLC: 37132181, Available: <[http://www.redbiblioucaue.com/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=12846](http://www.redbiblioucaue.com/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=12846)>, [Consulted: July 17, 2016].
- Latimer, G. W. 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. 19th ed., Gaithersburg, Md.: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-83-7, Available: <[http://www.amazon.com/Official-Methods-Analysis-OFFICIAL-ANALYSIS/dp/0935584838/ref=pd\\_sim\\_sbs\\_14\\_1?ie=UTF8&dpID=31iikC-xl2L&dpSrc=sims&preST=\\_AC\\_UL160\\_SR160%2C160\\_&refRID=101AB94246X0EM9N7XMW](http://www.amazon.com/Official-Methods-Analysis-OFFICIAL-ANALYSIS/dp/0935584838/ref=pd_sim_sbs_14_1?ie=UTF8&dpID=31iikC-xl2L&dpSrc=sims&preST=_AC_UL160_SR160%2C160_&refRID=101AB94246X0EM9N7XMW)>, [Consulted: April 1, 2016].
- Lavelle, P. 2000. "Ecological challenges for soil science". *Soil Science*, 165(1): 73–86, ISSN: 0038-075X, 1538-9243.

- Lok, S., Crespo, G., Torres, V., Fraga, S. & Noda, A. 2009. "Impact of the technology of biomass bank of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 on the soil-plant-animal system of a dairy unit with cattle". Cuban Journal of Agricultural Science, 43(3): 297–303, ISSN: 2079-3480.
- Martínez, R. O. 2010. "Bancos de Biomasa con pasto elefante Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimento durante la seca en la producción de leche y carne". In: III Congreso de Producción Animal Tropical, La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, ISBN: 978-959-7171-31-7.
- Oniani, O. G. 1964. "Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución de los suelos Krasnozen y Podsólicos en Georgia". Agrojima, 6: 25.
- Paneque, P. V. M., Calaña, N. J. M., Calderón, V. M., Borges, B. Y., Hernández, G. T. C. & Caruncho, C. M. 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. La Habana, Cuba: Ediciones INCA, 157 p., ISBN: 978-959-7023-51-7, Available: <<http://mst.ama.cu/578/>>, [Consulted: January 27, 2016].
- Valenciaga, D., Chongo, B., Herrera, R. S., Torres, V., Oramas, A. & Herrera, M. 2009. "Effect of regrowth age on *in vitro* dry matter digestibility of *Pennisetum purpureum* cv. CUBA CT-115". Cuban Journal of Agricultural Science, 43(1): 79–82, ISSN: 2079-3480.
- VandenBygaart, A. J., Bremer, E., McConkey, B. G., Janzen, H. H., Angers, D. A., Carter, M. R., Drury, C. F., Lafond, G. P. & McKenzie, R. H. 2010. "Soil organic carbon stocks on long-term agroecosystem experiments in Canada". Canadian Journal of Soil Science, 90(4): 543–550, ISSN: 0008-4271, DOI: 10.4141/cjss10028.

**Received: June 10, 2015**