

Soil fertility and productive indicators of *Cenchrus purpureus* (Schumach) Morrone cv. Cuba CT-115 in a biomass bank

Fertilidad del suelo e indicadores productivos de *Cenchrus purpureus* (Schumach) Morrone vc. Cuba CT-115 en un banco de biomasa

G. Crespo¹ and Layda Toledo²

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Estación de Mejoramiento de Suelos, Cienfuegos, Cuba

Email: grespo@ica.co.cu

The effect of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 biomass bank technology with ten years of exploitation on the soil fertility and some morphological indicators of this grass was researched. The study was carried out in a filling grayish brown soil, in the dairy unit number 11, belonging to El Abra farm, from El Tablón enterprise, in Cienfuegos. It was found an increase of the OM content (3.19 to 3.55 %, $P < 0.0094$) and a decrease of the assimilable P (24.30 to 18.88 ppm, $P < 0.0089$). Although the physical indicators did not show significant variations, the apparent density showed slight numerical increase. In this scenario, the macrofauna biomass (including the number of worms) and root weight was higher ($P < 0.001$) in the most superficial depth (0-15 cm), while the indicators tillers bunches⁻¹, dry matter yield, stem thickness and length of the fourth leaf showed adequate values and with little variation in the dry season 2013 and 2014. It is concluded that the soil that occupied the biomass bank had an increase of the OM content and a decrease of the assimilable P after ten years of exploitation. In this area, acceptable values were also found in grass indicators, the macrofauna activity (especially worms) and root biomass, although the CT-115 plants showed low nutritive value.

Key words: *biomass, soils, fertility, grazing.*

In 1986, the grass variety Cuba CT-115 (*Cenchrus purpureus*) was obtained at the Instituto de Ciencia Animal in Cuba, through the tissue culture technique. This plant proved to be a food supplier for the dry season. It is resistant to grazing and has higher sugars content with respect to its progenitor; besides to producing a favorable regrowth and tillering after grazing, useful characteristics to fulfill the needs in the dry season (Herrera *et al.* 2005).

The technology for the use of Cuba CT-115 as biomass bank has been widely accepted by Cuban producers. The provinces of Villa Clara, Cienfuegos, Pinar del Río and Granma are highlighted in their implementation, which have obtained superior productive results by sowing and the use of Cuba CT-115 in grazing. Other provinces, as Guantánamo, Las Tunas and Santiago de Cuba, consider that this technology is one of the best options for solving the current feeding problems in the dry season (Martínez 2010). However, its long-term effect on the chemical characteristics of soils is not known.

Se investigó el efecto de la tecnología de banco de biomasa de *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 con diez años de explotación en la fertilidad del suelo y en algunos indicadores morfológicos de esta gramínea. El estudio se desarrolló en un suelo pardo grisáceo mullido, en la vaquería 11, perteneciente a la granja El Abra, de la empresa El Tablón, en Cienfuegos. Se encontró aumento del contenido de MO (3.19 a 3.55 %, $P < 0.0094$) y disminución del P asimilable (24.30 a 18.88 ppm, $P < 0.0089$). Aunque los indicadores físicos no indicaron variaciones significativas, la densidad aparente mostró ligero aumento numérico. En este escenario, la biomasa de macrofauna (con inclusión del número de lombrices) y el peso de raíces fue mayor ($P < 0.001$) en la profundidad más superficial (0 – 15 cm), mientras que los indicadores hijos plantón⁻¹, rendimiento de materia seca, grosor del tallo y largo de la cuarta hoja presentaron valores adecuados y con poca variación en la época poco lluviosa 2013 y 2014. Se concluye que el suelo que ocupó el banco de biomasa tuvo aumento del contenido de MO y disminución de P asimilable después de diez años de explotación. En esta área también se encontraron valores aceptables en los indicadores del pasto, la actividad de la macrofauna (en especial las lombrices) y la biomasa radicular, aunque las plantas de CT-115 mostraron bajo valor nutritivo.

Palabras clave: *biomasa, suelos, fertilidad, pastoreo.*

En 1986, en el Instituto de Ciencia Animal de Cuba, se logró la variedad de gramínea elefante Cuba CT-115 (*Cenchrus purpureus*) mediante la técnica de cultivo de tejidos. Esta planta demostró ser proveedora de alimento para el período de pocas lluvias. Es resistente al pastoreo y posee mayor contenido de azúcares con respecto a su progenitor; además de producir un rebrote y ahijamiento favorables después del pastoreo, características útiles para satisfacer las necesidades en la época poco lluviosa (Herrera *et al.* 2005).

La tecnología para la utilización de Cuba CT-115 como banco de biomasa ha tenido una gran aceptación por parte de los productores cubanos. Se destacan en su implementación las provincias de Villa Clara, Cienfuegos, Pinar del Río y Granma, que han logrado resultados productivos superiores por la siembra y utilización del Cuba CT-115 en pastoreo. Otras provincias, como Guantánamo, Las Tunas y Santiago de Cuba, consideran que esta tecnología es una de las mejores opciones para la solución de los problemas actuales de alimentación en el período poco lluvioso

The objective of this research was to study the effect of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 biomass bank technology with ten years of exploitation on soil fertility and some morphological indicators of this grass.

Materials and Methods

The dairy unit number 11, from El Abra farm, continuously develops the exploitation of the *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 biomass bank since 2004. Its grassland area has 61 ha, of which 32% is occupied by the biomass bank (table 1). In the grassland there are also 6 ha of leucanea (*Leucaena leucocephala* cv. Perú), intercropped with guinea likoni (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni). The area is divided into 61 paddocks, approximately 1.0 ha each.

In this installation predominates, in almost

(Martínez 2010). Sin embargo, no se conoce su efecto a largo plazo en las características químicas de los suelos.

El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de la tecnología de banco de biomasa de *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 con diez años de explotación en la fertilidad del suelo y en algunos indicadores morfológicos de esta gramínea.

Materiales y Métodos

La vaquería 11, de la granja El Abra, desarrolla ininterrumpidamente la explotación del banco de biomasa de *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115 desde 2004. Su área de pastizal cuenta con 61 ha, y de ellas 32 % la ocupa el banco de biomasa (tabla 1). En el pastizal hay además, 6 ha de leucanea (*Leucaena leucocephala* cv. Perú), intercalada con guinea likoni (*Megathyrsus maximus* cv. Likoni). El área está dividida en 61 cuarterones, de aproximadamente 1.0 ha cada uno.

Table 1. State of grasses composition in the dairy unit number 11 from El Tablón enterprise in 2013.

Elements	Area, has	%
Total area	70	
Grasses area	61	100
Protein bank (<i>Leucaena leucocephala</i>) + guinea (<i>Megathyrsus maximus</i>)	6	9.8
Other grasses (<i>Megathyrsus maximus</i> cv. Likoni, <i>Brachiaria decumbens</i> cv. Mulato, <i>Cynodon nlemfuensis</i> cv. panameño)	31	50.8
Sugar cane (<i>Saccharum officinarum</i>)	4	6.5
CT-115 (<i>C. purpureus</i>) bank	20	32.7
On-farm consumption	9	
Number of paddocks	61	
Average area./paddock	1	

all its extension, the filling grayish brown soil (Hernández 2015). This soil has an ABC profile, formed by sialitization, with loam-clay-sandy texture on intermediate igneous rock, acid and low P and OM contents. It has a sialic B horizon, characteristic of this group of soils. It has relative acidity. The cationic exchange capacity is higher than 30 cmol kg⁻¹ in clay. It is moderately deep (up to 50 cm), with little loss of horizon A (<25 cm). The soil is undulated and moderately stony.

The climate of the region is classified as tropical sub-humid, dry from December to May. The temperatures and the rain were adequate for the growth of tropical grasses (Herrera and Ramos 2005).

At the beginning of the biomass bank management, ten years ago, the herd consisted of 71 females. Of these, 50 were in production (25 were the elite group, with 10.9 L cow⁻¹day⁻¹; 20 were the high group, with 8 L cow⁻¹day⁻¹ and 5 were low group, with 4 L cow⁻¹day⁻¹). To the cows in production, there were also supplied a supplementation with Norgold concentrate of 1.5 kg

En esta instalación predomina, en casi toda su extensión, el suelo pardo grisáceo mullido (Hernández 2015). Este suelo presenta un perfil ABC, formado por sialitización, con textura loam-arcilla-arenosa sobre roca ígnea intermedia, ácido y bajos contenidos de P y MO. Presenta un horizonte B síalico, característico de este grupo de suelos. Tiene relativa acidez. La capacidad de intercambio catiónico es mayor de 30 cmol kg⁻¹ en arcilla. Es medianamente profundo (hasta 50 cm), con poca pérdida del horizonte A (< 25 cm). El terreno es ondulado y medianamente pedregoso.

El clima de la región se clasifica como tropical sub-húmedo, poco lluvioso de diciembre a mayo. La temperatura, al igual que la lluvia, fueron adecuadas para el crecimiento de los pastos tropicales (Herrera y Ramos 2005).

Al inicio del manejo del banco de biomasa, diez años atrás, el rebaño estuvo conformado por 71 hembras. De estas, 50 se encontraban en producción (25 formaban el grupo élite, con 10.9 L vaca⁻¹día⁻¹; 20 constituían el grupo de alta, con 8 L vaca⁻¹día⁻¹ y 5 el de baja, con 4 L

cow⁻¹ day⁻¹ from the fifth liter produced. A total of 21 heifers also formed the herd. All cows showed a body condition between 4 and 5.

At the beginning of the exploitation, in 2004, and 10 years later, in 2014, 20 samples composed of soil, at depth of 0-15 cm, were taken each time. To this end, the grassland area was imaginatively divided into four squares. Five samples per square were taken on average. The samples were air dried and analyzed in the soil laboratory of the Instituto de Ciencia Animal.

The analytical methods used to determine the chemical, physical and biological indicators of the soil were similar to those used by Crespo and Martínez (2016).

The performance of the edaphic macrofauna, root weight and apparent density of the soil in the bank area at depths of 0-15 and 15-30 cm were determined in the rainy season of 2013. The average yield of DM and the number of tillers/bunch of CT-115 in five furrows, selected at random by paddock, during the two climatic seasons of 2013 and 2014 was also determined.

To determine the chemical composition of CUBA CT-115 in the dry season of 2014, ten samples of the integral plant were taken, with 120 d of regrowth (corresponding to the first rotation of the dry season of that year). These samples were dried in an air circulation oven at alternating temperatures: 100 °C for one hour and then at 60 °C until reaching constant weight (approximately 72 h), according to Herrera (2003). CP, P and Ca content were determined according to AOAC (2016), and the NDF according to Van Soest *et al.* (1991) technique, and the OM digestibility according to Kesting (1977). All determinations were done in triplicate.

In the soil data, analysis of variance was performed according to one-way model. The theoretical assumptions of the analysis of variance for all variables were verified, the normality of errors, Levene (1960) test, and the homogeneity of the variance from Shapiro and Wilk (1965) tests. The T-student test was used, in necessary cases.

When the variables did not fulfill the ANAVA assumptions, the \sqrt{x} transformation was used. If this one did not improve the fulfillment of these assumptions, the Kruskal-Wallis non-parametric analysis of variance was performed. The statistical package used was INFOSAT, version 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

Results and Discussion

The chemical and physical composition of the soil at the beginning and after ten years of exploitation of CT-115 bank is shown in table 2.

At ten years, the soil showed some modifications in the first 15 cm of depth. The OM increased (P < 0.0094) from 3.19 % to 3.55 %, P decreased (P < 0.0089) from

vaca⁻¹día⁻¹). A las vacas en producción, se les suministró además, una suplementación con concentrado Norgold de 1.5 kg vaca⁻¹día⁻¹ a partir del quinto litro producido. Formaron también el rebaño 21 novillas. Todas las vacas presentaron condición corporal entre 4 y 5.

Al inicio de la explotación, en el 2004, y 10 años después, en el 2014, se tomaron cada vez 20 muestras compuestas de suelo, a profundidad de 0-15 cm. Para ello el área del pastizal se dividió imaginariamente en cuatro cuadrantes. Se tomó como promedio cinco muestras por cuadrante. Las muestras se secaron al aire y se analizaron en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia Animal.

Los métodos analíticos utilizados para la determinación de los indicadores químicos, físicos y biológicos del suelo fueron similares a los utilizados por Crespo y Martínez (2016).

El comportamiento de la macrofauna edáfica, el peso de raíces y la densidad aparente del suelo en el área del banco en las profundidades de 0-15 y 15-30 cm se determinaron en la estación lluviosa de 2013. También se determinó el rendimiento promedio de MS y el número de hijos/plantón del CT-115 en cinco surcos, seleccionados al azar por cuartón, durante las dos estaciones climáticas de 2013 y 2014

Para determinar la composición química del CUBA CT-115 en la estación poco lluviosa del 2014, se tomaron diez muestras de la planta integra, con 120 d de rebrote (correspondientes a la primera rotación de la época de seca de ese año). Estas muestras se secaron en estufa de circulación de aire a temperaturas alternas: 100 °C durante una hora y después a 60 °C hasta alcanzar peso constante (aproximadamente 72 h), según Herrera (2003). A las muestras se les determinó el contenido de PB, P y Ca según AOAC (2016), la FDN según la técnica de Van Soest *et al.* (1991), y la digestibilidad de la MO según Kesting (1977). Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

En los datos relativos al suelo se realizó análisis de varianza, según modelo de clasificación simple. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para todas las variables, a partir de las dójimas de Shapiro y Wilk (1965), la normalidad de los errores, la dójima de Levene (1960), y la homogeneidad de la varianza. Se utilizó la dójima de T-student, en los casos necesarios.

Cuando las variables no cumplieron con los supuestos del ANAVA, se utilizó la transformación \sqrt{x} . Si esta no mejoró el cumplimiento de dichos supuestos, se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. El paquete estadístico utilizado fue INFOSAT, versión 2012 (Di Rienzo *et al.* 2012).

Resultados y Discusión

La composición química y física del suelo, al inicio y a los diez años de explotación del banco de CT-115, se muestra en la tabla 2.

A los diez años, el suelo presentó algunas modificaciones en los primeros 15 cm de profundidad.

Table 2. Variation of chemical and physical soil indicators (0 – 15 cm) in the CT-115 biomass bank after 10 years of grazing

Indicators	Start (2004)	End (2014)	SE ±	Significance
pH (KCL)	6.02	5.73 (acid)	0.11	P=0.3402
OM, %	3.19	3.55 (medium)	0.09	P<0.0094
P, ppm	24.30	18.88 (low)	1.48	P<0.0089
K, ppm	158.45	146.53 (high)	5.29	P=0.3402
Gross sand , %	30.80	30.68	0.57	P=0.7708
Clay, %	56.04	59.90	2.8	P=0.6624
Thick loam, %	6.09	2.38	1.20	P=0.1209
Fine sand , %	2.38	6.09	1.20	P=0.3062
ULP ¹	43.40	43.22	0.72	P=0.9094
LLP ²	30.26	30.48	1.25	P=0.8165
Apparent density , gcm ⁻³	0.64	0.84 (low)	0.12	P<0.0604

¹Upper limit of plasticity

²Lower limit of plasticity

24.30 ppm (low) to 18.88 ppm (low) and the apparent density varied from 0.64 to 0.84 gcm⁻³, although without significant difference.

Lok *et al.* (2009) attributed the increase of OM in the soil to the continuous litter accumulation of this grass. In this sense, Crespo *et al.* (2004) found that CT-115 can accumulate between 2-3 t/ha of litter annually.

Despite the significant increase of OM content in this soil, there was not significant variation in apparent density, after ten years of grazing. However, Lok *et al.* (2009) pointed out the need to monitor the effect, in the medium and long term, of this technology on different soil physical indicators.

A characteristic of the soil in which the bank was developed is its low content of assimilable P, which became even more pronounced after ten years. This shows the need to supply phosphoric fertilizer to this soil from the beginning of the establishment of the grass in the bank, since it can compromise its productivity and chemical composition.

The edaphic macrofauna, root weight and apparent density of the soil in depths of 0-15 cm and 15-30 cm, determined at the end of the rainy season of 2013, are showed in table 3.

The higher macrofauna activity in the most superficial horizon of this soil (0-15 cm) could be due to the presence of higher volume of the grass rhizosphere

La MO aumentó (P < 0.0094) de 3.19 % a 3.55%, el P disminuyó (P < 0.0089) de 24.30 ppm (bajo) a 18.88 ppm (bajo) y la densidad aparente varió de 0.64 a 0.84 gcm⁻³, aunque sin diferencia significativa.

Lok *et al.* (2009) atribuyeron el incremento de la MO en el suelo a la continua acumulación de hojarasca de esta gramínea. En este sentido, Crespo *et al.* (2004) encontraron que el CT-115 puede acumular entre 2 – 3 t/ha de hojarasca anualmente.

A pesar del incremento significativo del contenido de MO en este suelo, no se encontró variación significativa de la densidad aparente, después de diez años de pastoreo. No obstante, Lok *et al.* (2009) señalaron la necesidad de vigilar el efecto, a mediano y largo plazo, de esta tecnología en diferentes indicadores físicos del suelo.

Una característica del suelo en el que se desarrolló el banco es su bajo contenido de P asimilable, que se hizo más acentuado aún después de diez años. Esto indica la necesidad de suministrar fertilizante fosfórico a este suelo desde el inicio del establecimiento de la gramínea en el banco, pues puede comprometer su productividad y composición química.

La macrofauna edáfica, el peso de raíces y la densidad aparente del suelo en las profundidades de 0 - 15 cm y 15 - 30 cm, determinados al final de la estación lluviosa del 2013, se presentan en la tabla 3.

La mayor actividad de la macrofauna en el horizonte más superficial de este suelo (0 – 15 cm) pudo ocurrir

Table 3. Performance of the edaphic macrofauna, roots weight and apparent density of the soil in the depths of 0 – 15 and 15 – 30 cm in the bank at the end of the rainy season of 2013.

Depth, cm	Macrofauna, g m ⁻²	Roots, g cylinder ⁻¹	Apparent density, g cm ⁻³
0 - 15	9.01	1.29	0.64
15 - 30	4.18	0.42	0.82
SE±	0.58	0.12	0.17
Significance	P < 0.0001	P < 0.0001	P < 0.0686

in this depth, which was mentioned by van Dam and Bouwmeester (2016), and Venturi and Keel (2016). These results can be related to the high retention of water at this depth, due to the higher root population, which also stimulates higher macrofauna activity (Vetterlein and Doussan 2016).

Even with 10 exploitation years of the bank, an active macrofauna population was maintained in the soil, which is an indicator of the good functioning that maintains its biological activity in this area.

On the other hand, the higher numerical value of the soil apparent density in the depth of 15-30 cm could be due to the presence of an argillic horizon with a higher clay percentage at that depth, as a result of that soil formation process (Hernández 2015).

The indicators tillers bunch⁻¹ and MS/m² yield in the two climatic seasons of 2013 and 2014 showed that, in both years, the tillers bunch⁻¹ population was lower in the dry season, although the seasonal yield was similar (table 4). This seems to be due to the management of the CT-115 in the biomass bank, where biomass is allowed to accumulate for the dry season in prolonged regrowth periods, allowing individual plants to store high yield of dry matter.

The concentration of CP, P, Ca and NDF and the digestibility of CT-115 are shown in table 5.

These values show that, in general, the CT-115 plants in the biomass bank have, at ten years, low nutritive value, since the highest CP content was 72 g kg⁻¹ and that of P was 1.2 gkg⁻¹, while digestibility just reached 45%. This value was lower than that found by Valenciaga (2007) and Valenciaga *et al.* (2009), who attributed it to the high regrowth age in the dry season (120 d) in biomass bank technology.

It is concluded that the soil which occupied the biomass bank after 10 exploitation years showed an increase of OM content and a decrease of assimilable P, but the studied indicators of the grass, macrofauna

por la presencia de mayor volumen de rizosfera del pasto en esta profundidad, lo que fue referido por van Dam y Bouwmeester (2016), y Venturi y Keel (2016). Se pueden relacionar estos resultados con la alta retención de agua a esta profundidad, debido a la mayor población de raíces, lo que estimula además, mayor actividad de la macrofauna (Vetterlein y Doussan 2016).

Aún con 10 años de explotación del banco, se mantuvo una activa población de macrofauna en el suelo, lo cual es un indicador del buen funcionamiento que mantiene su actividad biológica en esta área.

Por otra parte, el mayor valor numérico de la densidad aparente del suelo en la profundidad de 15– 30 cm se pudo deber a la presencia de un horizonte argílico con mayor porcentaje de arcilla a esa profundidad, producto del proceso de formación de ese suelo (Hernández 2015).

Los indicadores hijos plantón⁻¹ y rendimiento de MS/m² en las dos estaciones climáticas del 2013 y 2014 indicaron que, en ambos años, la población de hijos plantón⁻¹ fue menor en la estación poco lluviosa, aunque el rendimiento estacional fue similar (tabla 4). Esto parece que se debe al manejo del CT-115 en el banco de biomasa, donde se deja acumular biomasa para la época de pocas lluvias en períodos prolongados de rebrote, lo que permite que las plantas individuales logren almacenar alto rendimiento de materia seca.

La concentración de PB, P, Ca y la FDN y la digestibilidad del CT-115 se muestran en la tabla 5.

Estos valores indican que, en general, las plantas de CT-115 en el banco de biomasa presentan, a los diez años, bajo valor nutritivo, ya que el contenido más alto de PB fue 72 g kg⁻¹ y el de P fue 1.2 gkg⁻¹, mientras que la digestibilidad apenas alcanzó 45%. Este valor fue algo inferior a lo hallado por Valenciaga (2007) y Valenciaga *et al.* (2009), quienes lo atribuyeron a la elevada edad de rebrote en la época de pocas lluvias (120 d) en la tecnología de banco de biomasa.

Se concluye que el suelo que ocupó el banco de

Table 4. Performance of the tillers bunch⁻¹ and the CT-115 yield in the two climatic seasons of the years 2013 and 2014.

Indicator	Years							
	2013				2014			
	Rainy season	Dry season	SE±	Significance	Rainy season	Dry season	SE±	Significance
Tillers bunch ⁻¹	15.81	10.93	0.80	P=0.0003	17.71	7.29	0.95	P=0.0006
Yield, kg DM/m ²	0.26	0.34	0.04	P=0.1486	0.35	0.52	0.06	P=0.1510

Table 5. Chemical composition of CT-115 in the dry season of 2014

Statisticians	Indicators, dry basis				
	CP, gkg ⁻¹	P, gkg ⁻¹	Ca, gkg ⁻¹	NDF, %	Digestibility, %
Rate	51.7-72.0	0.7 ⁻¹ .2	8.0 ⁻¹ 4.0	40.0-45.6	38.0-45.3
Mean	61.8	0.95	11.0	42.8	41.6
SD	21.5	0.9	3.5	5.5	6.5
VC, %	9.1	6.2	11.3	13.1	7.1

activity (especially worms) and root biomass showed favorable values, although the CT-115 plants had low nutritive value.

Acknowledgments

Thanks to the Biometrics Department of ICA, especially Lucía Sarduy, for the statistical analysis of the results.

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 51, Number 2, 2017.

biomasa después de 10 años de explotación presentó aumento del contenido de MO y disminución de P asimilable, pero los indicadores estudiados del pasto, la actividad de la macrofauna (en especial las lombrices) y la biomasa radicular presentaron valores favorables, aunque las plantas de CT-115 tuvieron bajo valor nutritivo.

Agradecimientos

Se agradece al Departamento de Biometría del ICA, en especial a Lucía Sarduy, por el análisis estadístico de los resultados.

References

- AOAC, G. W. 2016. Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].
- 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. & Martínez, R. O. 2016. "Study of the chemical soil fertility in the biomass bank technology of *Pennisetum purpureum* Schum cv. CUBA CT-115 with different exploitation years". Cuban Journal of Agricultural Science, 50(3): 497–502, ISSN: 2079-3480.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Hernández, A. 2015. Propuesta de Clasificación de suelos de Cuba sobre la base de resultados edafológicos internacionales y nacionales. Ph.D. Thesis, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 157 p.
- Herrera, R. S. 2003. "Principios básicos de fisiología, métodos de muestreo y calidad de los pastos". In: Fisiología, establecimiento y producción de biomasa de pastos, forrajes y otras especies para la ganadería tropical, México: Instituto de Ciencia Animal - Centro de Desarrollo Tecnológico La Noria, p. 12.
- Herrera, R. S., Febles, G. & Crespo, G. (eds.). 2005. *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. La Habana, Cuba: EDICA, 245 p.
- Herrera, R. S. & Ramos, N. 2005. "Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad". In: Herrera, R. S., Febles, G. & Crespo, G. (eds.), *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical, La Habana, Cuba: EDICA, p. 79.
- Kesting, V. 1977. "Ubre neure Ergebnisse einer vereinfachten *in vitro*-Methode zur zchatzung der verdaulichkeit der organischen substanz ohne pan sensaft". Arch. Tierernahrung. Bd., 28: 491–497, Berlin.
- Levene, H. 1960. "Robust tests for the equality of variance". In: Olkin, I., Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling, Stanford University Press, pp. 278–292, ISBN: 978-0-8047-0596-7, Available: <<https://books.google.com/cu/books?id=ZUSsAAAIAAJ>>, [Consulted: June 3, 2016].
- 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-grass-animal system of a dairy unit with cattle". Cuban Journal of Agricultural Science, 43(3): 307–313, 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.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. 1965. "An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples)". Biometrika, 52(3–4): 591, ISSN: 0006-3444, DOI: 10.2307/2333709.
- Valenciaga, D. 2007. Caracterización química y estructural de las paredes celulares de *Pennisetum purpureum* vc. CUBA CT-115 y su degradabilidad ruminal en búfalos de río (*Bubalis bubalus*). Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 110 p.
- 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): 81–84, ISSN: 2079-3480.
- van Dam, N. M. & Bouwmeester, H. J. 2016. "Metabolomics in the Rhizosphere: Tapping into Belowground Chemical Communication". Trends in Plant Science, 21(3): 256–265, ISSN: 1360-1385, DOI: 10.1016/j.tplants.2016.01.008.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. "Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition". Journal of Dairy Science, 74(10): 3583–3597, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- Venturi, V. & Keel, C. 2016. "Signaling in the Rhizosphere". Trends in Plant Science, 21(3): 187–198, ISSN: 1360-1385, DOI: 10.1016/j.tplants.2016.01.005.
- Vetterlein, D. & Doussan, C. 2016. "Root age distribution: how does it matter in plant processes? A focus on water uptake". Plant and Soil, 407(1–2): 145–160, ISSN: 0032-079X, 1573-5036, DOI: 10.1007/s11104-016-2849-6.