

Study of morphoagronomic indicators of *Cenchrus purpureus* clones for biomass production

Estudio de indicadores morfoagronómicos de clones de *Cenchrus purpureus* para la producción de biomasa

R. S. Herrera, Dayleni Fortes, M. García and Ana M. Cruz

Instituto de Ciencia Animal

C. Central km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Email: rherrera@ica.co.cu

Using a randomized block design with four replications, clones of *Cenchrus purpureus* (CT-6, CT-9, CT-13, CT-15, CT-24 and CT-28) obtained by *in vitro* tissue culture were evaluated and compared with their progenitor (CT-115) in typical red Ferralitic soil, for two years without irrigation and fertilization. In both evaluation years during the seasonal periods the height differed ($P < 0.001$) between the clones and the CT-28 surpassed the CT-115 was highlighted. There were differences ($P < 0.001$) in the percent of DM and their values varied in narrow range (17-23 % and 19-21 % in the dry and rainy season, respectively). With the exception of CT-24, the rest of clones showed leaves contents higher than 50 % and differed among them, but the highest value (64.88 %, $P < 0.001$) was showed by CT-28 during the rainy season. The leaves length varied ($P < 0.0001$) between clones and CT-9 was highlighted in both years (73.73 and 84.23 cm for the dry and rainy season, respectively for the first year and 68.6 and 76.7 cm for similar stages of the second year). Similar response pattern was obtained in the leaf width. The leaf area also differed between clones and the highest values were recorded in the rainy season of both years. There were significant differences between the clones in the seasonal and annual DM yield and the clones CT-9, CT-15, CT-24 and CT-28 were highlighted. There were also significant differences in the population of the clones at the beginning and end of the experiment, but when comparing these two stages there were not variation and the values ranged between 5.43 and 9.49 bunches/5m. In general terms, the studied indicators varied when comparing the studied years. There is a group of clones with favorable characteristics for forage production, where CT-9 and CT-28 were highlighted. Future studies using strategic fertilization and irrigation of promising clones are suggested.

Key words: *height, yield, leaves, population, leaf area*

The cattle feeding in Cuba is based on the use of grasses and forages due to different reasons, among which can be mentioned: it is possible to grow them all year, when they are properly managed produce a high amount of biomass with appropriate quality, protect to the soil of erosion, they replace a certain amount of high-cost imported food and do not compete as a source of food with other animal species and even with man.

One of the species widely used as animal food in Cuba is *Cenchrus purpureus* determined by its ecological plasticity and high yields, due to its C_4 photosynthetic path which efficiently converts light energy into biomass (Sage 2016).

On the other hand, in the Instituto de Ciencia Animal it has been worked on the improvement of *C. purpureus*

Mediante un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas se evaluaron clones de *Cenchrus purpureus* (CT- 6, CT- 9, CT- 13, CT- 15, CT- 24 y CT- 28) obtenidos por cultivo de tejidos *in vitro* y se compararon con su progenitor (CT- 115) en suelo Ferralítico rojo típico, durante dos años sin riego ni fertilización. En ambos años de evaluación durante los periodos estacionales la altura difirió ($P < 0.001$) entre los clones y se destacó el CT-28 que superó al CT-115. Hubo diferencias ($P < 0.001$) en el por ciento de MS y sus valores variaron en estrecho rango (17-23 % y 19-21 % en el periodo poco lluvioso y lluvioso, respectivamente). Con excepción del CT-24, el resto de los clones mostró contenidos de hojas superiores a 50 % y difirieron entre sí, pero el mayor valor (64.88%, $P < 0.001$) lo presentó el CT-28 durante el periodo lluvioso. La longitud de las hojas varió ($P < 0.0001$) entre clones y se destacó CT-9 en ambos años (73.73 y 84.23 cm para el periodo poco lluvioso y lluvioso, respetivamente del primer año y 68.6 y 76.7 cm para similares etapas del segundo año). Similar patrón de respuesta se obtuvo en el ancho de la hoja. El área foliar también difirió entre clones y los mayores valores se registraron en el periodo lluvioso de ambos años. Hubo diferencias significativas entre los clones en el rendimiento estacional y anual de MS y se destacaron los clones CT-9, CT-15, CT- 24 y CT-28. También hubo diferencias significativas en la población de los clones al inicio y al final del experimento, pero al comparar estas dos etapas no se apreció variación y los valores oscilaron entre 5.43 y 9.49 macollas/5m. En términos generales, los indicadores estudiados variaron al comparar los años estudiados. Se dispone de un grupo de clones con características favorables para la producción de forraje, donde se destacaron CT-9 y CT-28. Se sugieren futuros estudios empleando fertilización estratégica y riego de los clones promisorios.

Palabras clave: *altura, rendimiento, hojas, población, área foliar*

La alimentación del ganado vacuno en Cuba se fundamenta en el empleo de los pastos y forrajes debido a distintas razones, entre las cuales se pueden señalar: es posible cultivarlos todo el año, cuando se manejan adecuadamente producen elevada cantidad de biomasa con apropiada calidad, protegen al suelo de la erosión, sustituyen cierta cantidad de alimentos importados de altos costos y no compiten como fuente de alimentos con otras especies de animales e incluso con el hombre.

Una de las especies ampliamente empleada como alimento animal en Cuba es *Cenchrus purpureus* determinado por su plasticidad ecológica y altos rendimientos, debido a su sendero fotosintético C_4 , que convierte eficientemente la energía luminosa en biomasa (Sage 2016).

through biotechnology applying *in vitro* tissue culture and physical mutagenesis. From this program, a group of clones with promising characteristics for forage, grazing, drought and salinity conditions were obtained (Herrera 2015, Herrera and Martínez 2015).

Therefore, the objective of this study was to evaluate some agronomic indicators of *Cenchrus purpureus* new clones, obtained by *in vitro* tissue culture at the Instituto de Ciencia Animal, with probable characteristics for biomass production.

Materials and Methods

Location, type of soil and climate. The experiment was carried out at the "Miguel Sistachs Naya" experimental station belonging to the Instituto de Ciencia Animal, located at 22° 53 NL and 82° 02 WL at 80 m o. s. l. The soil was typical red Ferralitic (Hernández *et al.* 2015). The rainfall during the experimental stage was 1234 mm and 80 % occurs during the rainy period, while the average annual mean temperature is 26 °C, although in the dry season the value is lower (Herrera *et al.* 2018).

Treatment and design. A randomized block design, with four replications was used. As an experimental unit, the plot of 25 m² was used. Six clones of *Cenchrus purpureus* obtained by *in vitro* tissue culture (CT-6, CT-9, CT-13, CT-15, CT-24 and CT-28) were evaluated and compared with their progenitor (*C. purpureus* vc Cuba CT-115).

Experimental procedure. The preparation of the soil was conventional (plowing, crossing and harrow). The experiment was sowing in the rainy season of 2015 and the plots were kept free of weeds until their establishment without the use of herbicides. Five-month-old seeds were planted in plots of 5 x 5 m, with sowing distance between furrows of 1 m and all the plots had equal number of buds.

After 120 days of establishment the establishment cut was made and the population was counted (number of bunches/5m). From then on, the samplings were made during the dry season every 90 days of regrowth and in the rainy period every 60 days for two years, under dry conditions and without fertilization. The cut was made with a machete at 10 cm above the soil level. The plot was cut leaving border effect of the external furrows, as well as 50 cm at the ends. All the cut material was homogenized, weighed and a random sample of 500 g was taken per plot. The sample was manually separated into leaves and stems which were introduced in an air circulation oven at 60 °C to constant weight. The height, percent of DM of the whole plant, length of the fourth leaf completely open from the apex, width of the previous leaf in its middle part, leaf area of the referred leaf, leaves percent, DM yields and population according to Herrera (2006) methodology.

Statistical analysis. Analysis of variance (Visauta

Por otro lado, en el Instituto de Ciencia Animal se ha trabajado en el mejoramiento de *C. purpureus* mediante la biotecnología aplicando el cultivo de tejidos *in vitro* y la mutagénesis física. De este programa se obtuvieron un grupo de clones con características promisorias para forraje, pastoreo, condiciones de sequía y salinidad (Herrera 2015, Herrera y Martínez 2015).

Por ello, el objetivo del presente trabajo fue evaluar algunos indicadores agronómicos de nuevos clones de *Cenchrus purpureus*, obtenidos por cultivo de tejidos *in vitro* en el Instituto de Ciencia Animal, con probables características para la producción de biomasa.

Materiales y Métodos

Ubicación, tipo de suelo y clima. El experimento se desarrolló en la estación experimental "Miguel Sistachs Naya" perteneciente al Instituto de Ciencia Animal, ubicado en los 22° 53 LN y los 82° 02 LO a 80 msnm. El suelo fue Ferralítico rojo típico (Hernández *et al.* 2015). La lluvia durante la etapa experimental fue de 1234 mm y el 80% de ellas ocurre durante el período lluvioso, mientras que la temperatura media promedio anual es de 26 °C aunque en el período poco lluvioso el valor es inferior (Herrera *et al.* 2018).

Tratamiento y diseño. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cuatro réplicas. Como unidad experimental se empleó la parcela de 25 m². Se evaluaron seis clones de *Cenchrus purpureus* obtenidas por cultivo de tejidos *in vitro* (CT-6, CT-9, CT-13, CT-15, CT-24 y CT-28) y se compararon con su progenitor (*C. purpureus* vc. Cuba CT-115).

Procedimiento experimental. La preparación del suelo fue convencional (aradura, cruce y grada). El experimento se sembró en el período lluvioso de 2015 y las parcelas se mantuvieron libres de arvenses hasta su establecimiento sin el empleo de herbicidas. Se plantaron semillas de cinco meses de edad en parcelas de 5 x 5 m, con distancia de siembra entre surcos de 1 m y todas las parcelas tenían igual número de yemas.

Transcurridos 120 días de establecimiento se realizó el corte de establecimiento y se contó la población (número de macollas/5m). A partir de ahí los muestreos se realizaron durante el período poco lluvioso cada 90 días de rebrote y en el lluvioso cada 60 días durante dos años, en condiciones de secano y sin fertilización. El corte se realizó a machete a 10 cm sobre el nivel del suelo. La parcela se cortó dejando efecto de borde de los surcos externos, así como 50 cm por los extremos. Todo el material cortado se homogenizó, se pesó y se tomó una muestra aleatoria de 500 g por parcela. La muestra se separó manualmente en hojas y tallos las que se introdujeron en estufa de circulación de aire a 60 °C hasta peso constante. Se evaluaron la altura, por ciento de MS de la planta íntegra, longitud de la cuarta hoja completamente abierta a partir del ápice, ancho de la hoja anterior en su parte media, área foliar de la referida hoja, por ciento de hojas, rendimientos de MS

2007) was performed according to the experimental design and the values represent the mean per cut in each seasonal period, except the total yield and the population. For the normal distribution of the data the Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) test was used and for the variances the Bartlett (1937) test, so that the population was transformed by square root of the observation. The mean values were compared according to Duncan (1955) test.

Results and Discussion

In all seasonal periods there were significant differences between the clones heights and there is a general tendency to decrease the height in the second year (table 1). Vieira da Cunha (2006) when evaluating clones and hybrids of *Pennisetum sp.* found variation in the height of each of them and attributed it to the specific characteristics of each plant and its response to climate, soil and management conditions. This performance was also reported by Herrera *et al.* (2012) when evaluating clones of *Cenchrus purpureus* which showed better agronomic indicators than their progenitor and attributed it to the recent preparation of the soil, the seed quality and the competition with weeds.

In both seasonal periods of the first year the DM

y población según la metodología de Herrera (2006).

Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza (Visauta 2007) de acuerdo con el diseño experimental y los valores representan la media por corte en cada período estacional, excepto el rendimiento total y la población. Para la distribución normal de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) y para las varianzas la prueba de Bartlett (1937), por lo que la población se transformó mediante raíz cuadrada de la observación. Los valores medios se compararon de acuerdo con Duncan (1955).

Resultados y Discusión

En todos los períodos estacionales hubo diferencias significativas entre las alturas de los clones y existe tendencia general a disminuir, la altura en el segundo año (tabla 1). Vieira da Cunha (2006) al evaluar clones e híbridos de *Pennisetum sp.* encontraron variación de la altura de cada una de ellos y lo atribuyeron a las características específica de cada planta y su respuesta a las condiciones de clima, suelo y manejo. Este comportamiento también lo informaron Herrera *et al.* (2012) al evaluar clones de *Cenchrus purpureus* que presentaron mejores indicadores agronómicos que su progenitor y lo atribuyeron a la reciente preparación del suelo, la calidad de la semilla

Table 1. Height of clones during the experimental period

Clone	Height , cm			
	Year 1		Year 2	
	Dry season	Rainy season	Dry season	Rainy season
6	43.00 ^a	52.11 ^b	41.38 ^a	45.68 ^{ab}
9	50.25 ^b	55.21 ^b	59.50 ^b	59.48 ^c
13	52.65 ^b	48.00 ^a	68.80 ^c	43.08 ^a
15	112.00 ^d	62.42 ^c	107.38 ^e	50.00 ^b
24	95.33 ^c	69.42 ^d	89.38 ^d	47.93 ^b
28	107.13 ^c	63.17 ^c	102.25 ^e	45.93 ^{ab}
115	53.33 ^b	54.11 ^b	43.25 ^a	65.68 ^d
SE ±	2.00	1.16	2.32	1.51
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

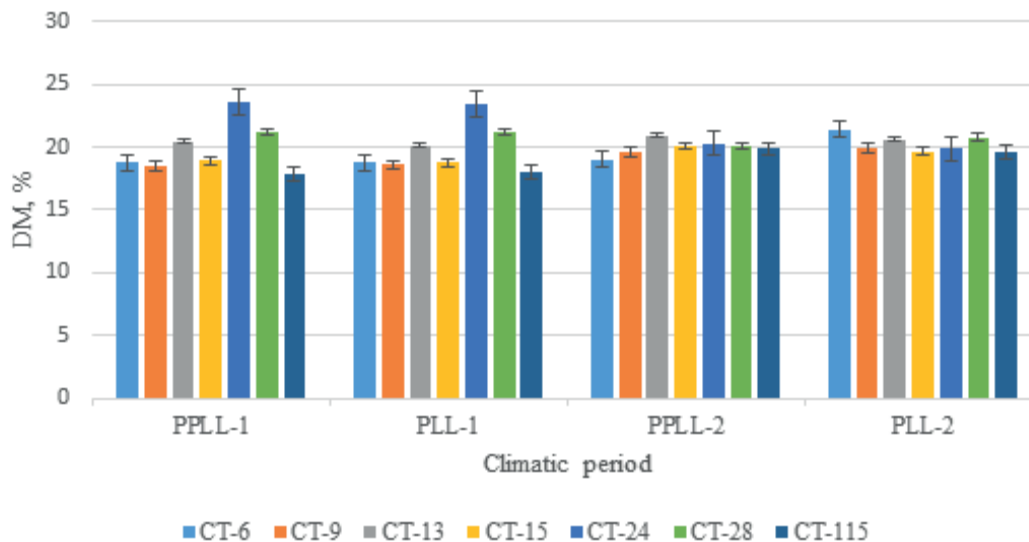
^{abcd} Values with dissimilar letters per column differ at P<0.05 (Duncan 1955)

percentage of the whole plant differed between clones and CT-24 highlighted, while, in the second year despite differing among clones, the values were in a narrower range with average value of 20 % (figure 1). This indicator is useful if the harvested biomass is used for the silage production, since it is a science that, in order to obtain quality silages, it is necessary that the material to be silage must have not less than 25 % of DM. Taking into account the above and considering the management conditions of this experiment, it is not advisable to directly ensile the biomass of these clones and it is necessary to pre-dry the green mass to increase the DM content.

The leaves content significantly varied between clones (table 2) and it was important to find values

y la competencia con las arvenses.

En ambos períodos estacionales del primer año el porcentaje de MS de la planta íntegra difirió entre clones y sobresalió el CT-24, mientras que, en el segundo año a pesar de diferir entre clones, los valores estuvieron en un rango más estrecho con valor medio de 20 % (figura 1). Este indicador es de utilidad si la biomasa cosechada se emplea para la producción de ensilaje, ya que es ciencia constituida que, para la obtención de ensilajes de calidad, es preciso que el material a ensilar tenga no menos de 25 % de MS. Al tener en cuenta lo anterior y considerar las condiciones de manejo de este experimento, no es recomendable ensilar directamente la biomasa de estos clones y es necesario pre-secar al sol la masa verde para incrementar su contenido de MS.



PPLL-1: Dry season first year; PLL-1: Rainy season first year
 PPLL-2: Dry season second year; PLL-2: Rainy season second year

Figure 1. DM percent of the clones in both seasonal periods for two years

higher than 50 %, a quality that seems to be inherited from its progenitor (CT-115), which is characterized by its leafy character. This feature, join to its non-high height, makes it promising for the biomass production and had been previously obtained in clones that were obtained with better quality indicators and tolerant to drought and salinity (Díaz 2007 and Álvarez 2009).

El contenido de hojas varió significativamente entre clones (tabla 2) y fue importante encontrar valores superiores a 50 %, cualidad que parece heredar de su progenitor (CT-115) que se caracteriza por su carácter hojoso. Este rasgo unido a su no elevada altura lo hacen promisorios para la producción de biomasa y que había sido obtenido con anterioridad en clones que se obtuvieron con mejores indicadores de calidad y tolerantes a la sequía

Table 2. Leaf content of the clones during the experimental period

Clone	Leaves %			
	Year 1		Year 2	
	Dry season	Rainy season	Dry season	Rainy season
6	51.06 ^a	55.42 ^a	53.84 ^{bc}	61.80 ^c
9	57.53 ^b	57.31 ^a	56.20 ^c	60.66 ^{bc}
13	57.34 ^b	61.96 ^{bc}	55.55 ^c	62.33 ^c
15	50.86 ^a	55.89 ^a	53.75 ^{bc}	61.16 ^{bc}
24	48.66 ^a	59.36 ^{ab}	47.77 ^a	58.66 ^b
28	59.89 ^b	64.88 ^c	50.44 ^{ab}	61.70 ^c
115	50.80 ^a	57.86 ^a	51.48 ^{abc}	54.31 ^a
SE ±	1.30	1.30	1.48	0.89
P	0.0001	0.0006	0.0092	0.0001

^{abc} Values with dissimilar letters per column differ at P<0.05 (Duncan 1955)

The length of the fourth fully open leaf significantly differed between clones in both seasonal periods in the two experimental years where CT-9 highlighted. However, the values of the second year were, in general, lower than those of the first year (table 3). Similar response pattern showed the leaf width (figure 2).

In both seasonal periods and during the two evaluation years, the leaf area of the fourth completely open leaf significantly differed between clones and CT-9 highlighted, the values of the rainy season were higher

y salinidad (Díaz 2007 y Álvarez 2009).

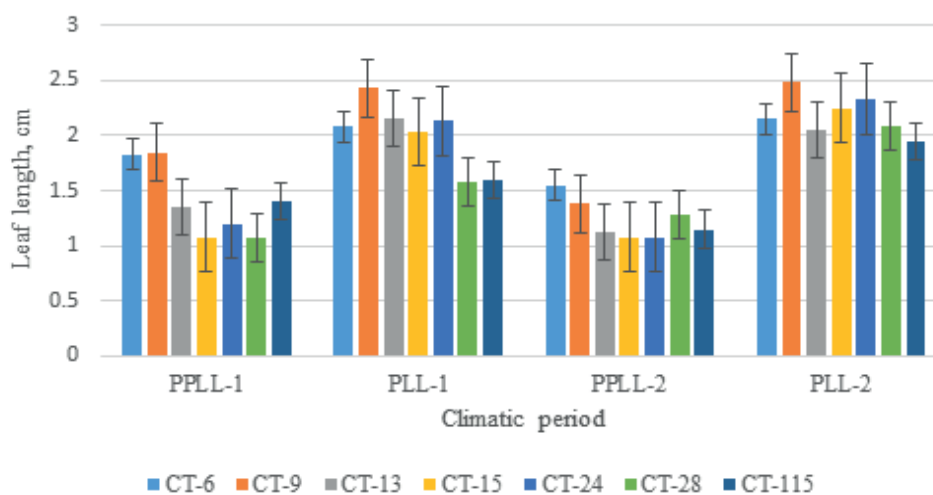
La longitud de la cuarta hoja totalmente abierta difirió significativamente entre clones en ambos períodos estacionales en los dos años experimentales donde sobresalió el CT-9. Sin embargo, los valores del segundo año fueron, en general, inferiores a los del primer año (tabla 3). Similar patrón de respuesta presentó el ancho de la hoja (figura 2).

En ambos períodos estacionales y durante los dos años de evaluación, el área foliar de la cuarta hoja completamente

Table 3. Length of the fourth completely open leaf of the clones

Clone	Leaf length, cm			
	Year 1		Year 2	
	Dry season	Rainy season	Dry season	Rainy season
6	72.50 ^e	80.28 ^{cd}	65.28 ^{cd}	77.15 ^b
9	73.73 ^e	84.20 ^d	68.60 ^d	76.70 ^b
13	64.93 ^d	77.00 ^c	62.10 ^c	73.23 ^b
15	36.25 ^a	66.05 ^a	51.75 ^a	77.85 ^a
24	51.75 ^c	75.93 ^c	58.58 ^b	78.45 ^b
28	43.30 ^b	60.50 ^a	50.18 ^a	78.45 ^b
115	66.58 ^d	76.73 ^c	58.38 ^b	71.85 ^a
SE ±	0.74	1.42	1.14	1.10
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

^{abcde} Values with dissimilar letters per column differ at P<0.05 (Duncan 1955)



PPLL-1: Dry season first year; PLL-1: Rainy season first year
 PPLL-2: Dry season second year; PLL-2: Rainy season second year

Figure 2. Length of the fourth completely open leaf of the clones

than the dry season and there was a certain tendency to decrease, in general, the values of the second year (table 4).

abierta difirió significativamente entre clones y sobresalió el CT-9, los valores del período lluvioso fueron superiores al poco lluvioso y se apreció cierta tendencia a disminuir,

Table 4. Leaf area of the fourth completely open leaf of the clones

Clone	Leaf area , cm ²			
	Year 1		Year 2	
	Dry season	Rainy season	Dry season	Rainy season
6	132.67 ^a	166.98 ^b	101.18 ^a	165.87 ^{bc}
9	136.40 ^a	204.61 ^a	94.67 ^a	190.22 ^a
13	87.66 ^b	165.55 ^b	63.23 ^b	150.12 ^{cd}
15	39.15 ^d	134.08 ^c	55.89 ^b	175.16 ^{ab}
24	62.10 ^c	161.73 ^b	63.27 ^b	182.79 ^{ab}
28	46.76 ^d	95.59 ^d	64.23 ^b	163.18 ^{bc}
115	93.21 ^b	122.77 ^c	67.14 ^b	140.11 ^d
SE ±	4.01	5.33	5.91	6.22
P	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

^{abcd} Values with dissimilar letters per column differ at P<0.05 (Duncan 1955)

Viera de Cunha (2006) when evaluating varieties of *Pennisetum sp.* showed that the height and density of the leaf blade were key indicators to describe and explain the variability between these plants, while Romalo Faca (2008), when studying 14 clones of this genus, reported the importance of the height and length of leaves, among other indicators, to establish the differences between them.

Fortes (2012) determined that the length and width of the leaf, leaf area and height of *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 increased with the regrowth age, but these values decreased in the second year of exploitation in grazing and attributed it to the variations found in the content of chlorophylls and carotenoids in addition to the effect of climatic factors. Uvidia *et al.* (2014) reported that the characteristics of leaves, leaf area and height varied with the distance and sowing dose in *Pennisetum purpureum*, while Castañeda *et al.* (2015), Ray *et al.* (2016) and Olivera *et al.* (2017) when evaluating different varieties of this genus by means of multivariate analysis they found that the leafiness, length and width of the leaf and height were outstanding indicators to explain the variability between plants.

The DM yield differed between clones (table 5) and the highest values were recorded in the rainy season. It was noted that during the dry season of the first year the clones CT-9, CT-24 and CT-28 exceeded the yield of the progenitor, while, in the second year, in the same period all clones were higher than CT-115. This characteristic makes them promising for the biomass production in the period of low rainfalls and is an indicator of its possible drought tolerance, an aspect that should be studied in future researches.

en general, los valores del segundo año (tabla 4).

Viera de Cunha (2006) al evaluar variedades de *Pennisetum sp.* señalaron que la altura y la densidad de la lámina foliar eran indicadores fundamentales para describir y explicar la variabilidad entre estas plantas, mientras que Romalo Faca (2008) al estudiar 14 clones de este género informó la importancia de la altura y la longitud de las hojas, entre otros indicadores, para establecer las diferencias entre ellos.

Fortes (2012) determinó que la longitud y el ancho de la hoja, área foliar y la altura de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 aumentaron con la edad de rebrote, pero estos valores disminuyeron en el segundo año de explotación en pastoreo y lo atribuyó a las variaciones que encontró en el contenido de clorofilas y carotenoides además del efecto de los factores climáticos. Uvidia *et al.* (2014) reportaron que las características de las hojas, el área foliar y la altura varía con la distancia y dosis de siembra en *Pennisetum purpureum*, mientras que Castañeda *et al.* (2015), Ray *et al.* (2016) y Olivera *et al.* (2017) al evaluar diferentes variedades de este género mediante análisis multivariado encontraron que la hojiosidad, longitud y ancho de la hoja y la altura eran indicadores destacados para explicar la variabilidad entre plantas.

El rendimiento de MS difirió entre clones (tabla 5) y los mayores valores se registraron en el período lluvioso. Llamó la atención que durante el período poco lluvioso del primer año los clones CT-9, CT-24 y CT-28 superaron el rendimiento del progenitor, mientras que, en el segundo año, en el mismo período todos los clones fueron superiores al CT-115. Esta característica los hace promisorio para la producción de biomasa en el período de bajas precipitaciones y es un indicador de su posible tolerancia a la sequía, aspecto este que debe ser estudiado

Table 5. DM yields of the clones during the experimental period

Clones	Yields, tDM/ha					
	Year 1			Year 2		
	Dry season	Rainy season	Total	Dry season	Rainy season	Total
6	2.61 ^c	4.12 ^{ab}	6.73 ^b	1.00 ^b	6.66 ^b	7.66 ^a
9	3.15 ^c	5.72 ^c	8.87 ^a	1.23 ^c	4.26 ^a	5.49 ^b
13	0.6 ^a	3.69 ^a	4.65 ^c	0.92 ^b	3.38 ^a	4.30 ^b
15	1.82 ^b	5.50 ^c	7.32 ^b	1.49 ^d	7.31 ^b	8.80 ^a
24	2.05 ^b	4.16 ^{ab}	6.21 ^b	1.52 ^d	7.27 ^b	8.79 ^a
28	1.80 ^b	5.00 ^{bc}	6.80 ^b	1.19 ^c	6.53 ^b	7.72 ^a
115	1.75 ^b	3.31 ^a	5.06 ^c	0.75 ^a	3.20 ^a	3.95 ^b
SE ±	0.11	0.39	0.40	0.06	0.50	0.45
P	0.0001	0.0019	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

^{abcd} Values with dissimilar letters per column differ at P<0.05 (Duncan 1955)

The performance of the measurements made in the fourth completely open leaf and its leaf area in relation to the DM yield attracted attention, since it was expected that its decrease in the second experimental year would lead to lower yield and this did not happen in a number

en investigaciones futuras.

Llamó la atención el comportamiento de las medidas realizadas en la cuarta hoja totalmente abierta y su área foliar en relación con el rendimiento de MS, ya que era de esperar que su disminución en el segundo año experimental

of clones and agrees with that explained by Herrera (2018) who when studying the *Pennisetum purpureum* performance and climatic factors in a period of 40 years found that this plant increased its height but decreased its yield over the years. However, it would be important to study this performance related to photosynthetic pigments, since everything seems to show that there is a process which is related to the transformation efficiency of light energy in biomass through the photosynthetic pigments that must be studied.

Table 6 shows the performance of the population (bunches/5m) at the beginning and end of the experimental stage. In both cases there were significant differences between clones, but at the beginning of the experiment the CT-15 and CT-24 surpassed the CT-115, while at the end both clones and the CT-28 also did.

propiciara menor rendimiento y esto no sucedió en un número de clones y concuerda con lo planteado por Herrera (2018) quiene al estudiar el comportamiento de *Pennisetum purpureum* y los factores climáticos en un período de 40 años encontraron que esta planta incrementaba su altura pero disminuía su rendimiento con el transcurso de los años. Sin embargo, sería de importancia estudiar esta conducta relacionada con los pigmentos fotosintéticos, ya que todo parece indicar que existe un proceso que está relacionado con la eficiencia de transformación de la energía lumínica en biomasa a través de los pigmentos fotosintéticos que debe ser estudiado.

La tabla 6 presenta el comportamiento de la población (macollas/5m) al inicio y final de la etapa experimental. En ambos casos hubo diferencias significativas entre clones, pero al inicio del experimento el CT-15 y CT-24 superaron al CT-115, mientras que al final ambos clones

Table 6. Population (bunches/5m) at the beginning and end of the study

Stage	Clones							SE ±	P
	6	9	13	15	24	28	115		
Beginning	2.65 (7.02) ^{ab}	2.33 (5.48) ^a	2.45 (6.00) ^a	3.08 (9.49) ^c	2.87 (8.24) ^{bc}	2.38 (5.66) ^a	2.38 (5.66) ^a	0.13	0.002
End	2.65 (7.02) ^{ab}	2.33 (5.48) ^a	2.45 (6.00) ^a	3.01 (9.06) ^{bc}	2.87 (8.24) ^{bc}	3.08 (9.49) ^c	2.38 (5.66) ^a	0.13	0.002

^{abcd} Values with dissimilar letters per column differ at $P < 0.05$ (Duncan 1955). () Real value

The results showed that there is a group of clones with appropriate characteristics for the production of forage biomass and of them the CT-9 and CT-28 were promising for their yields, especially in the dry season. In addition, its leaf content was high and it was notorious that these clones were not depopulated by the cut frequency used in the two studied years without irrigation or fertilization. However, it is necessary to performed future researches related to their possible drought tolerance, to know their quality indicators, apply fertilization and strategic irrigation, as well as to determine their performance in the performance of the animal that intake them.

y el CT-28 también lo hicieron.

Los resultados evidenciaron que se dispone de un grupo de clones con características apropiadas para la producción de biomasa forrajera y de ellos resultaron promisorios el CT-9 y CT-28 por sus rendimientos, en especial, en el período poco lluvioso. Además, su contenido de hojas fue elevado y resultó notorio que estos clones no se despoblaron por la frecuencia de corte empleada en los dos años estudiados sin riego ni fertilización. Sin embargo, es necesario realizar futuras investigaciones relacionadas con su posible tolerancia a la sequía, conocer sus indicadores de calidad, aplicar fertilización y riego estratégicos, así como determinar su comportamiento en la conducta del animal que los consume.

References

- Álvarez, Y. 2009. Evaluación inicial de nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* con tolerancias a la salinidad en el Valle del Cauto. Master Thesis. Univ. Granma-Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
- Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Soc. London. Ser. A. 160: 268-282.
- Castañeda, L., Olivera, Y. y Wencomo, H. 2015. Selección de accesiones de *Pennisetum purpureum* para fomentar sistemas de alimentación ganadera. Pastos y Forrajes. 38 (2):170-175.
- Díaz, D. 2007. Evaluación agronómica de nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía en el Valle del Cauto. Master Thesis. Univ. de Matanzas, Cuba
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometrics 11(1): 42
- Fortes, D. 2012. Comportamiento de algunos indicadores morfofisiológicos de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Cuba.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. y Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 93p. ISBN 978-959-7023-77-7.
- Herrera, R.S. 2006. Fisiología, calidad y muestreos. In: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. R.S. Herrera, I. Rodríguez y G. Febles (Eds.). p. 1-101. EDICA. Instituto de Ciencia

- Animal. La Habana, Cuba.
- Herrera, R.S. 2015. Nuevos clones con tolerancia a la sequía y salinidad. In: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 33-56. Capítulo III. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.
- Herrera, R.S. 2018. Cómo será el comportamiento de los pastos y forrajes con el cambio climático. VI Congreso de Producción Animal Tropical, CD-ROM, La Habana.
- Herrera, R.S., García, M., Cruz, A.M. and Romero, A. 2012. Assessment of *Pennisetum purpureum* clones obtained by *in vitro* tissue culture. Cuban J. Agric. Sci. 46(4):427- 434.
- Herrera, R. S. García, M., Cruz, A. M. y Romero, A. 2018. Estudio del régimen de precipitaciones pluviales en dos áreas del Instituto de Ciencia Animal. Avances en Investigación Agropecuaria. 22(1): 7-17.
- Herrera, R.S. y Martínez, R.O. 2015. Mejoramiento genético. In: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 13-32. Capítulo II. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.
- Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American Statistical Association. 48(1):68-78.
- Olivera, Y., Castañeda, L y Toral, O. 2017. Caracterización morfobotánica de plantas de *Cenchrus purpureus* (Schumach) Morrone provenientes de una colecta nacional. Pastos y Forrajes. 40(3):184-187.
- Ray, J., Herrera, R.S., Benítez, D., Díaz, D. and Arias, R. 2016. Multivariate analysis of the agronomic performance and forage quality of new clones of *Pennisetum purpureum* drought tolerant in Valle del Cauto, Cuba. Cuban J. Agric. Sci. 50(4):639-648.
- Romalo Faca, A. 2008. Avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Chum) para la utilização en capineira no cerrado matogrossense. Master Thesis. Univ. Federal de Mato Grosso, Brasil.
- Sage, R.F. 2016. A portrait of the C4 photosynthetic family on the 50th anniversary of its discovery: species number, evolutionary lineages, and Hall of Fame. Journal of Experimental Botany. Abril 2016. doi:10.1093/jxb/erw156
- Uvidía, H., Buestán, D., Leonard, I. y Benítez, D. 2014. La distancia de siembra y el número de estacas en el establecimiento de *Pennisetum purpureum*. REDVET, Vol. 14, No. 7 Available <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070714/071402.pdf> [Consulted: April 2016].
- Vieira da Cunha, M. 2006. Características estruturais e morfológicas relacionadas à eficiência de pastejo em *Pennisetum sp.* no período de seca. Master thesis. Univ. Federal rural de Pernambuco, Brasil.
- Visauta, B. 2007. Análisis estadístico con SPSS 14. Estadística básica. Tercera Edición. McGrawHill/Interamericana de España, S.A.V. p. 358.

Received: January 15, 2019