

Evaluation of *Cenchrus purpureus* varieties tolerant to drought in the western region of Cuba

Evaluación de variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía en la región occidental de Cuba

R.S. Herrera

Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47 ½, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
Email: rsherrera48@gmail.com

R.S. Herrera: <https://orcid.org/0000-0003-1424-6311>

A three-year experiment was carried out to evaluate the agronomic performance of new varieties of *Cenchrus purpureus* (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-605, CT-607, CT-608 and CT-609), tolerant to drought, obtained by in vitro tissue culture, and compared with its parent (CT-115) through a completely random design with five replications. There were significant differences between the height of the varieties and in both seasonal periods CT-605 stood out with values higher ($P < 0.05$) at 90 cm. The leaves content (%) was only significantly different between the varieties in the dry season during the experimental stage, while the percentage of stems showed a similar response pattern. There were varieties that exceeded the DM yield of the control and especially the CT-605 with values of 21.82, 16.37 and 9.05 t DM/ha/year for the first, second and third year, respectively. With the exception of the first year, the varieties did not express their potential for biomass production under water stress conditions and future researches are suggested where rainfalls is less than 800 mm, as well as studying the effect of strategic fertilization on regimes of greater rainfall.

Key words: *water stress, tolerance, yields, population*

Africa is the center of origin of *Cenchrus* genus, previously called *Pennisetum*, and its varieties (*Cenchrus purpureus*) are widely used for the production of animal food, mainly as forage (Pereira *et al.* 2017) or through direct grazing (Gomide *et al.* 2011). This is determined by its high capacity to use light energy, carrier of the C4 photosynthetic cycle, high DM yields, acceptable quality (Coombs *et al.* 1973) and it adapts, grows and develops in a wide variety of soils and climatic conditions (Febles and Herrera 2015). In addition, it can be used for other purposes, such as: production of energy (Chakraborty *et al.* 2012) and bioethanol (Santos *et al.* 2018), paper industry (Madakadze *et al.* 2010) and natural herbicide (Norhafizah *et al.* 2013).

Different varieties have been used in Cuba since the beginning of the 20th century, such as the Napier, which spread throughout the country very quickly due, among other factors, to its high yields and acceptable chemical composition. Subsequently, other varieties were introduced, one of which was the King grass, which in the mid-1980s occupied 85 % of the country's forage areas and displaced those traditionally used,

Se realizó un experimento de tres años de duración para evaluar el comportamiento agronómico de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-605, CT-607, CT-608 y CT-609), tolerantes a la sequía, obtenidas por cultivo de tejidos in vitro, y compararlas con su progenitor (CT-115) mediante un diseño completamente al azar con cinco réplicas. Hubo diferencias significativas entre la altura de las variedades y en ambos periodos estacionales sobresalió CT-605 con valores superiores ($P < 0.05$) a los 90 cm. El contenido de hojas (%) solo fue significativamente diferente entre las variedades en el periodo poco lluvioso durante la etapa experimental, mientras que el por ciento de tallos mostró similar patrón de respuesta. Hubo variedades que superaron el rendimiento de MS del testigo y en especial la CT-605 con valores de 21.82, 16.37 y 9.05 t MS/ha/año para el primer, segundo y tercer año, respectivamente. Con excepción del primer año, las variedades no expresaron su potencial para la producción de biomasa en condiciones de estrés hídrico y se sugiere futuras investigaciones donde las precipitaciones sean inferiores a los 800 mm así como, estudiar el efecto de la fertilización estratégica en regímenes de mayor precipitación.

Palabras clave: *estrés hídrico, tolerancia, rendimientos, población*

África es el centro de origen del género *Cenchrus*, con anterioridad denominado *Pennisetum*, y sus variedades (*Cenchrus purpureus*) son ampliamente utilizadas para la producción de alimento animal, principalmente como forraje (Pereira *et al.* 2017) o mediante el pastoreo directo (Gomide *et al.* 2011). Lo anterior está determinado por su alta capacidad de utilización de la energía lumínica, portador del ciclo fotosintético C4, elevados rendimientos de MS, aceptable calidad (Coombs *et al.* 1973) y se adapta, crece y desarrolla en amplia variedad de suelos y condiciones climáticas (Febles y Herrera 2015). Además, puede ser utilizado con otros fines como, por ejemplo: producción de energía (Chakraborty *et al.* 2012) y bioetanol (Santos *et al.* 2018), industria del papel (Madakadze *et al.* 2010) y herbicida natural (Norhafizah *et al.* 2013).

En Cuba se emplearon diferentes variedades desde el inicio del siglo XX, como fue el Napier el que se extendió por todo el país con gran rapidez debido, entre otros factores, a sus elevados rendimientos y aceptable composición química. Con posterioridad se introdujeron otras variedades, una de las cuales fue el King grass, que a mediados de la década del 80 del pasado siglo llegó a ocupar el 85 % de las áreas forrajeras del país y desplazó a

which was determined for its high capacity to convert light energy into biomass, its ecological plasticity, high biomass yields and adequate quality (Herrera 2009).

On the other hand, due to the importance achieved by this genus, genetic improvement programs are developed (Sinche *et al.* 2021) with the objective of obtaining varieties that surpass those traditionally used. Also, at the Instituto de Ciencia Animal, a breeding program for *C. purpureus* was developed with the aim of improving the productive indicators of the most used variety (King grass), in commercial production and adapting to current climatic and soil conditions, including varieties tolerant to drought and salinity (Herrera 2020).

Due to the above, the objective of this article is to report the results achieved in the evaluation of *Cenchrus purpureus* varieties obtained by in vitro tissue culture tolerant to drought.

Materials and Methods

Location. the experiment was carried out at the Miguel Sistachs Naya pasture station belonging to Instituto de Ciencia Animal. The soil was Typical Red Ferralitic (Hernández *et al.* 2015) whose chemical composition appears in table 1 and some climate indicators are shown in the table 2.

Table 1. Chemical composition of the soil in the experimental area

pH		mg/100 g		OM, %	Total salts, %
KCl	H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O		
4.7	6.3	2.2	7.3	2.1	0.44

Table 2. Some climate indicators during the experimental stage

Indicator	Years			Historical
	1	2	3	
Rain, mm	954.1	1520.4	1291.4	1381.0
Minimum temperature, °C	19.6	18.7	18.9	18.4
Maximum temperature, °C	30.0	28.9	29.0	29.2
Average temperature, °C	25.7	23.5	24.6	24.0

Treatment and design. A total of eight new *Cenchrus purpureus* varieties (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-605, CT-607, CT-608 and CT-609) obtained at Instituto de Ciencia Anima were evaluated by in vitro tissues culture with tolerance to drought (Herrera *et al.* 2003), from Cuba CT-115 variety, which was used as a control. A random block design with four replications in 5 x 4 m plots was used.

Procedure. During the dry season, conventional soil preparation was carried out and a distance of 1m between rows was used. In the planting, a similar number of buds per row were ensured. Irrigation was applied at the time of planting and three times later to ensure adequate humidity and establishment. One hundred and twenty

las tradicionalmente utilizadas, lo que estuvo determinado por su alta capacidad de convertir la energía lumínica en biomasa, su plasticidad ecológica, altos rendimientos de biomasa y adecuada calidad (Herrera 2009).

Por otro lado, debido a la importancia alcanzada por este género se desarrollan programas de mejora genética (Sinche *et al.* 2021) con el objetivo de obtener variedades que superen a las tradicionalmente utilizadas. También, en el Instituto de Ciencia Animal se desarrolló un programa de mejoramiento de *C. purpureus* con el objetivo de mejorar los indicadores productivos de la variedad más empleada (King grass), en la producción comercial y que se adaptaran a las actuales condiciones climáticas y de suelo, entre ellas variedades tolerantes a la sequía y salinidad (Herrera 2020).

Por lo antes descrito, el objetivo del presente artículo es informar los resultados alcanzados en la evaluación de variedades de *Cenchrus purpureus* obtenidas por cultivo de tejidos in vitro tolerantes a la sequía.

Materiales y Métodos

Ubicación. El experimento se desarrolló en la estación de pastos Miguel Sistachs Naya perteneciente al Instituto de Ciencia Animal, en suelo Ferralítico Rojo Típico (Hernández *et al.* 2015) cuya composición química aparece en la tabla 1 y algunos indicadores del clima se muestran en la tabla 2.

Tratamiento y diseño. Se evaluaron ocho nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-605, CT-607, CT-608 y CT-609) obtenidas en el Instituto de Ciencia Animal por cultivo de tejidos in vitro con tolerancia a la sequía (Herrera *et al.* 2003), a partir de la variedad Cuba CT-115, la cual se utilizó como testigo. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas en parcelas de 5 x 4 m.

Procedimiento. Durante el período poco lluvioso se realizó la preparación convencional del suelo y se empleó 1m de distancia entre surcos. En la plantación se aseguró similar número de yemas por surco. En el momento de la plantación se aplicó riego y en tres oportunidades posteriores para asegurar adecuada

days after sowing, the establishment cut was made to start the evaluation process without the application of irrigation or fertilization. The experiment lasted three years.

Measurements. Sampling was carried out every 60 and 90 days in the rainy and dry seasons, respectively, where five tillers were taken per row in each replication to determine: plant height considered from the base to the apical cone, percentage of leaves and stems, DM yield and population as described by Herrera (2006).

Statistical analysis. The database was created and analysis of variance was performed (Di Rienzo *et al.* 2012) according to the experimental design and the mean values were compared according to Duncan (1955). The theoretical assumptions of the analysis of variance were verified for all the variables, based on the Shapiro and Wilk (1965) tests for the normality of errors and Levene (1960) for the variance homogeneity and there was only the need to transform the population variable using \sqrt{x} .

Results and Discussion

Throughout the experimental stage, there were significant differences between the varieties in each climatic season for height (table 3). This is an indicator that expresses the plant growth in response

humedad y el establecimiento. Ciento veinte días después de la plantación se realizó el corte de establecimiento para iniciar el proceso de evaluación sin la aplicación de riego ni fertilización. El experimento duró tres años.

Medidas. Los muestreos se realizaron cada 60 y 90 días en los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente donde se tomaron cinco macollas por surco en cada réplica para determinar: altura de la planta considerada desde la base hasta el cono apical, por ciento de hojas y tallos, rendimiento de MS y población según describe Herrera (2006).

Análisis estadístico. Se confeccionó la base de datos y se realizó análisis de varianza (Di Rienzo *et al.* 2012) de acuerdo con el diseño experimental y los valores medios se compararon según Duncan (1955). Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para todas las variables, a partir de las dósimas de Shapiro y Wilk (1965) para la normalidad de los errores y de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza y solo hubo necesidad de transformar la variable población empleando \sqrt{x} .

Resultados y Discusión

Durante toda la etapa experimental, hubo diferencias significativas entre las variedades en cada estación climática para la altura (tabla 3). Este es un indicador que expresa el crecimiento de la planta como respuesta a

Table 3. Performance of height (cm) during the evaluation

Varieties	Years	
	1	3
Rainy season		
CT-115	75.34 ^a	79.58 ^{ab}
CT-600	84.92 ^{ab}	83.58 ^{abc}
CT-601	81.84 ^{ab}	86.58 ^{bc}
CT-602	79.92 ^{ab}	77.23 ^a
CT-603	88.42 ^{ab}	88.33 ^c
CT-605	78.25 ^{ab}	75.75 ^a
CT-607	73.00 ^a	76.73 ^a
CT-608	92.92 ^b	89.88 ^c
CT-609	86.25 ^{ab}	89.78 ^c
SE ±	3.53 ^{**}	1.89 ^{***}
Dry season		
CT-115	66.25 ^a	65.63 ^a
CT-600	85.25 ^b	86.88 ^{de}
CT-601	69.63 ^a	72.13 ^{ab}
CT-602	89.63 ^b	99.00 ^f
CT-603	65.25 ^a	78.65 ^{bcd}
CT-605	92.00 ^b	90.00 ^{ef}
CT-607	67.13 ^a	76.00 ^{abc}
CT-608	84.63 ^b	84.63 ^{cde}
CT-609	86.50 ^b	90.75 ^{ef}
SE ±	1.75 ^{***}	2.54 ^{***}

^{abcd}Values with uncommon letters differ at P<0.05 (Duncan1955)

** P<0.01 *** P<0.001

to environmental conditions (climate and soil) and the management to which they are subjected. This could be determined by the biochemical and physiological particularities of each variety (Sinche *et al.* 2021) and, therefore, they will show better growth under conditions of humidity or rainfalls stress, an aspect that does not happen in the rainy season, where the climatic factors such as rainfalls, temperatures, intensity and duration of light, among other aspects, do not limit the growth and development of grasses.

On the other hand, Guimaraes de Favare *et al.* (2019) when evaluating 13 varieties of *Cenchrus purpureus* for bioenergy production found that the height did not differ between them in the dry period and there were differences in the rainy period in both experimental years, but in the second year the height was lower. A similar pattern of performance was previously reported by Herrera and Ramos (2015). However, it was encouraging in this research that, after three years of study, there was no decrease in height, which could be a reflection of its adaptation to the environment despite not using irrigation and nitrogen fertilization.

During the rainy season there was no variation in leaves content between the varieties in the three years studied. However, in the dry season of the first year, only CT-603 exceeded ($P < 0.001$) the control (CT-115), while in the same period of the third year none exceeded CT-115 (table 4). This drew attention, since the response pattern varied over the years. However, the values recorded in the rainy period were encouraging despite the values recorded for rainfalls while, in the third year of study, with the exception of CT-603, all varieties showed higher leaves content compared to the first year. This performance should be studied in future experiments due to the role that leaves play in the Physiology and Biochemistry of plants. On the other hand, leaves content is a fundamental element for ruminants feeding, since it is the part most intake by animals, so it is an important element when selecting new varieties.

Reyes-Perez *et al.* (2021) when evaluating five varieties of *C. purpureus* (Verde, Morado, Maralfalfa, CT-115 and Elefante) in Ecuador, found that leaves yield increased with fertilization and regrowth age and each variety showed a characteristic response pattern. Tulu *et al.* (2022) studied the effect of the year, the date and the cutting height in Napier and determined that the leaf/stem ratio decreased with the years of study and the cutting height, while the cutting date (month) had a varied effect. The mentioned authors relate these results to the performance of climatic factors, the plant age, the type of soil and the management of grass, among other aspects.

The stem content (table 5) showed an inverse performance to that mentioned above. However, this aspect can be unfavorable from the point of view of

las condiciones ambientales (clima y suelo) y al manejo a que son sometidas. Esto pudiera estar determinado por las particularidades bioquímicas y fisiológicas de cada variedad (Sinche *et al.* 2021) y, por ende, mostraran mejor crecimiento en condiciones de estrés de humedad o de precipitaciones, aspecto este que no sucede en el período lluvioso, donde los factores climáticos como las precipitaciones, temperaturas, intensidad y duración de la luz, entre otros aspectos, no limitan el crecimiento y desarrollo de los pastos.

Por otro lado, Guimaraes de Favare *et al.* (2019) al evaluar 13 variedades de *Cenchrus purpureus* para la producción de bioenergía encontraron que, la altura no difirió entre ellas en el período seco y sí hubo diferencias en el período lluvioso en ambos años experimentales, pero en el segundo año la altura fue menor. Similar patrón de comportamiento informaron con anterioridad Herrera y Ramos (2015). No obstante, resultó alentador en la presente investigación que, después de tres años de estudio, no se manifestara disminución de la altura, lo cual pudiera ser reflejo de su adaptación al medio ambiente a pesar de no emplear riego y fertilización nitrogenada.

Durante el período lluvioso no hubo variación del contenido de hojas entre las variedades en los tres años estudiados. Sin embargo, en el período poco lluvioso del primer año sólo el CT-603 superó ($P < 0.001$) al control (CT-115), mientras que en igual etapa del tercer año ninguno superó al CT-115 (tabla 4). Esto llamó la atención, puesto que el patrón de respuesta varió en los años. No obstante, resultaron alentadores los valores registrados en el período lluvioso a pesar de los tenores registrados para las precipitaciones mientras que, en el tercer año de estudio, con excepción de la CT-603, todas las variedades mostraron mayor contenido de hojas comparado con el primer año. Este comportamiento debe ser estudiado en futuros experimentos debido al papel que desempeñan las hojas en la Fisiología y Bioquímica de las plantas. Por otro lado, el contenido de hojas es un elemento fundamental para la alimentación de los rumiantes, ya que es la parte más consumida por los animales, por lo que es un elemento de importancia a la hora de seleccionar nuevas variedades.

Reyes-Pérez *et al.* (2021) al evaluar cinco variedades de *C. purpureus* (Verde, Morado, Maralfalfa, CT-115 y Elefante) en Ecuador, encontraron que el rendimiento de hojas se incrementó con la fertilización y la edad de rebrote y cada variedad mostró un patrón de respuesta característico. Tulu *et al.* (2022) estudiaron el efecto del año, la fecha y altura de corte en Napier y determinaron que la relación hoja/tallo disminuyó con los años de estudio y la altura de corte, mientras que la fecha del corte (mes) tuvo variado efecto. Los autores antes mencionados relacionan estos resultados con el comportamiento de los factores climáticos, la edad de la planta, el tipo de suelo y el manejo del pasto, entre otros aspectos.

El contenido de tallo (tabla 5) mostró un comportamiento inverso al antes mencionado. Sin

animal intake, since they, in the process of selecting food, first intake the leaves and ultimately the stems, but from the point of view of Plant Physiology, they favor the storage of soluble carbohydrates, especially in the lower parts of the stem, to facilitate the plant regrowth even in the absence of sufficient leaf area and, in addition, it allows the storage of appreciable amounts of water, which guarantees the metabolism and plant survival under stress conditions.

embargo, este aspecto puede resultar desfavorable desde el punto de vista del consumo animal, ya que ellos en el proceso de selección que hacen del alimento, primero consumen las hojas y en última instancia los tallos pero, desde el punto de vista de la Fisiología Vegetal, propician el almacenamiento de los carbohidratos solubles, sobre todo en las partes bajas del tallo, para facilitar el rebrote de la planta aún en ausencia de suficiente área foliar y, además, permite almacenar cantidades apreciables de

Table 4. Leaves content (%) during the evaluation period

Varieties	Years	
	1	3
	Rainy season	
CT-115	48.00	32.02
CT-600	45.98	30.84
CT-601	46.50	31.30
CT-602	44.37	30.30
CT-603	45.43	31.24
CT-605	47.99	30.84
CT-607	46.78	30.53
CT-608	44.26	30.61
CT-609	46.70	31.21
SE ±	1.11 NS	0.49 NS
	Dry season	
CT-115	46.23 ^b	45.39 ^b
CT-600	43.86 ^b	44.86 ^b
CT-601	44.81 ^b	44.81 ^b
CT-602	34.28 ^a	38.72 ^{ab}
CT-603	51.19 ^c	37.86 ^{ab}
CT-605	34.87 ^a	42.30 ^{ab}
CT-607	45.55 ^b	42.70 ^{ab}
CT-608	37.79 ^a	39.79 ^{ab}
CT-609	36.04 ^a	36.22 ^a
SE ±	0.86***	1.91**

^{abc}Values with uncommon letters differ at P<0.05 (Duncan1955)

** P<0.01 *** P<0.001 NS: Not significant

Table 5. Stems content (%) during the evaluation

Varieties	Years	
	1	3
	Rainy season	
CT-115	52.00	52.28
CT-600	54.03	53.76
CT-601	53.50	54.20
CT-602	55.64	55.64
CT-603	54.07	52.71
CT-605	52.01	52.01
CT-607	53.22	54.07
CT-608	55.74	54.97
CT-609	52.63	53.47
SE ±	1.28 NS	1.00 NS
	Dry season	
CT-115	53.77 ^b	54.61 ^a
CT-600	56.14 ^b	55.14 ^a
CT-601	55.19 ^b	55.19 ^a
CT-602	65.73 ^c	61.28 ^{ab}
CT-603	48.81 ^a	62.22 ^{ab}
CT-605	65.13 ^c	57.70 ^{ab}
CT-607	54.45 ^b	57.30 ^{ab}
CT-608	62.21 ^c	60.21 ^{ab}
CT-609	63.96 ^c	63.79 ^b
SE ±	0.86***	1.91**

^{abc}Values with uncommon letters differ at P<0.05 (Duncan1955)

** P<0.01 *** P<0.001 NS: Not significant

On the other hand, Arias *et al.* (2018, 2019ab) when evaluating some of the drought-tolerant varieties of *C. purpureus* (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608 and CT-609) in the eastern region of the country, showed that the regrowth age increased the length, thickness and number of stem nodes, being these responses specific for each variety.

With the exception of the dry season of the first year, there were differences between varieties in yield for each seasonal period and for the annual total (table 6). The absence of differences in the first year of exploitation in the dry season is not easy to explain, especially if it takes into account that in the rainy season there was. In the second year, in this same period, there were

agua, que garantiza el metabolismo y sobrevivencia de la planta en condiciones de estrés.

Por otro lado, Arias *et al.* (2018, 2019ab) al evaluar algunas de las variedades de *C. purpureus* tolerantes a la sequía (CT-601, CT-603, CT-605, CT-608 y CT-609) en la región oriental del país señalaron que la edad de rebrote incrementó la longitud, el grosor y el número de nudos del tallo, siendo estas respuestas específicas para cada variedad.

Con excepción del período poco lluvioso del primer año, hubo diferencias entre las variedades en el rendimiento para cada período estacional y para el total anual (tabla 6). La ausencia de diferencias en el primer año de explotación en el período poco lluvioso no resulta fácil de explicar, sobre todo si se tiene en cuenta que en el período lluvioso

Table 6. Yields (tDM/ha) in the evaluation period

Variety	Rainy season	Dry season	Total
First year			
CT-115	12.14 ^b	3.24	15.38 ^b
CT-600	11.44 ^b	3.32	14.76 ^b
CT-601	12.68 ^b	3.01	15.69 ^b
CT-602	12.63 ^b	2.09	14.72 ^b
CT-603	13.05 ^b	2.48	15.53 ^b
CT-605	19.15 ^c	2.67	21.82 ^c
CT-607	7.61 ^a	2.56	10.17 ^a
CT-608	13.59 ^b	3.20	16.79 ^b
CT-609	13.81 ^b	2.50	16.31 ^b
SE ±	0.74***	0.42 NS	1.05***
Second year			
CT-115	11.26 ^{ab}	3.59 ^d	14.85 ^{ab}
CT-600	10.53 ^{ab}	2.59 ^{abc}	13.12 ^{ab}
CT-601	11.93 ^b	3.36 ^{cd}	15.26 ^b
CT-602	12.70 ^b	2.18 ^a	14.88 ^{ab}
CT-603	11.64 ^b	2.94 ^{abcd}	14.58 ^{ab}
CT-605	12.89 ^b	3.48 ^d	16.37 ^{ab}
CT-607	8.55 ^a	3.01 ^{bcd}	11.56 ^a
CT-608	13.42 ^b	3.37 ^{cd}	16.79 ^{ab}
CT-609	11.11 ^{ab}	2.28 ^{ab}	13.39 ^{ab}
SE ±	0.68***	0.18***	2.55*
Third year			
CT-115	3.06 ^a	0.44 ^b	3.50 ^a
CT-600	4.47 ^{ab}	0.51 ^b	4.98 ^c
CT-601	4.92 ^b	0.39 ^b	5.31 ^d
CT-602	10.00 ^c	0.15 ^a	10.15 ^f
CT-603	3.92 ^{ab}	0.57 ^{bc}	4.49 ^b
CT-605	8.65 ^c	0.40 ^b	9.05 ^e
CT-607	4.30 ^a	0.51 ^b	4.81 ^c
CT-608	10.00 ^c	0.75 ^c	10.75 ^f
CT-609	4.31 ^{ab}	0.44 ^b	4.75 ^c
SE ±	0.41***	0.05***	0.07***

^{abcd} Values with uncommon letters differ at P<0.05 (Duncan1955)

* P<0.05 *** P<0.001 NS: Not significant

differences and the values tended to be lower when compared to the first year, which could be determined by the decrease in soil fertility due to the extraction of mineral elements that these plants make, especially nitrogen and potassium. This could be an indicator to carry out a strategic or maintenance fertilization using chemical fertilizers (if available) or organic from the second year of exploitation. The lowest values were recorded in the third year.

Reyes *et al.* (2021) found in four varieties of *C. purpureus* that the yield of green biomass and dry matter increased with fertilization and age. Sinche *et al.* (2021), when evaluating a population of Napier hybrids, found that indicators such as height, stem diameter, flowering, and yield varied among the hybrids. Ventra Ríos *et al.* (2022), when they studied the response of Taiwan (*C. purpureus*) grass to cutting frequency, reported that yields increased with the regrowth age. Arias *et al.* (2019a) when evaluating some of the drought-tolerant varieties in the eastern region of Cuba reported increases in yields with the regrowth age. All this information has in common the specific and individual response of each of the studied plants.

All of the above is confirmed by the results published by Arias *et al.* (2019b) when studying physiological indicators such as absolute and relative growth rate, leaf area and leaf area index, leaf area duration and biomass duration in *C. purpureus* varieties with drought tolerance. The six varieties showed values that individually characterized each of them and confirmed their biochemical and physiological individuality.

In the evaluated period (table 7), there were no significant differences for the population of the varieties and the values at the end of the experiment were similar to those registered in the first year, since the varieties did not suffer depopulation. This is positive if it is taking into account that during the three years of research both irrigation and fertilization was used.

These varieties were evaluated (Díaz 2007, Arias *et al.* 2018, 2019ab and Ray *et al.* 2018) in the pasture station of Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, located in Cauto Valley, Bayamo, Granma and that area is characterized by soils with low fertility and rainfalls regimes that reach 700-800 mm of rain and drought periods that extend up to seven months). The results showed the adaptability of the varieties and, above all, the yields achieved in the dry season, where rainfalls did not exceed 50mm, so their performance against drought stress is unquestionable. In addition, promising results were obtained when evaluating the ruminal passage rate and ruminal degradability of these varieties (Ledea *et al.* 2016, 2017).

However, this was not the response found in the

sí la hubo. Ya en el segundo año, en ese mismo período, sí hubo diferencias y los valores tendieron a ser inferiores al compararlo con el primer año, lo cual pudiera estar determinado por la disminución de la fertilidad del suelo debido a la extracción de elementos minerales que hacen estas plantas, en especial nitrógeno y potasio. Esto pudiera ser un indicador para realizar una fertilización estratégica o de mantenimiento mediante fertilizantes químico (si se dispone) u orgánico a partir del segundo año de explotación. Los menores valores se registraron en el tercer año.

Reyes *et al.* (2021) encontraron en cuatro variedades de *C. purpureus* que el rendimiento de biomasa verde y de materia seca se incrementó con la fertilización y la edad. Sinche *et al.* (2021) al evaluar una población de híbridos de Napier encontraron que indicadores como la altura, el diámetro del tallo, la floración y el rendimiento variaron entre los híbridos. Ventra Ríos *et al.* (2022) cuando estudiaron la respuesta del pasto Taiwan (*C. purpureus*) a la frecuencia de corte informaron que los rendimientos se incrementaron con la edad de rebrote. Arias *et al.* (2019a) al evaluar alguna de las variedades tolerantes a la sequía en la región oriental de Cuba informaron incrementos de los rendimientos con la edad de rebrote. Toda esta información tiene en común la respuesta específica e individual de cada una de las plantas estudiadas.

Todo lo anterior se reafirma con los resultados publicados por Arias *et al.* (2019b) al estudiar indicadores fisiológicos como tasa de crecimiento absoluta y relativa, área foliar e índice de área foliar, duración del área foliar y duración de la biomasa en variedades de *C. purpureus* con tolerancia a la sequía. Las seis variedades presentaron valores que caracterizaron, de forma individual, a cada una de ellas y se confirmó la individualidad bioquímica y fisiológica de ellas.

En el (tabla 7) período evaluado no hubo diferencias significativas para la población de las variedades y los valores al finalizar el experimento fueron semejantes a los registrados en el primer año, ya que las variedades no sufrieron despoblación. Esto es positivo si se tiene en cuenta que durante los tres años de investigación no se empleó riego ni fertilización.

Estas variedades se evaluaron (Díaz 2007, Arias *et al.* 2018, 2019a,b y Ray *et al.* 2018) en la estación de pastos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, enclavado en el Valle del Cauto, Bayamo, Granma y esa área se caracteriza por suelos con baja fertilidad y regímenes de precipitaciones que llegan a alcanzar 700-800 mm de lluvia y períodos de sequía que se extienden hasta siete meses. Los resultados indicaron la adaptabilidad de las variedades y sobre todo, los rendimientos alcanzados en el período poco lluvioso, donde las precipitaciones no superaron los 50mm, por lo que es incuestionable su comportamiento ante el estrés por sequía. Además, al evaluar la tasa de pasaje ruminal y la degradabilidad ruminal de estas variedades se obtuvieron resultados promisorios (Ledea *et al.* 2016, 2017).

Sin embargo, esta no fue la respuesta que se encontró

Table 7. Performance of the population (tillers/5m) during the evaluation

Varieties	Years	
	1	3
Rainy season		
CT-115	(10.73) 3.22	(11.18) 3.34
CT-600	(8.52) 2.99	(8.85) 2.98
CT-601	(9.85) 3.16	(10.30) 3.21
CT-602	(9.36) 2.99	(9.25) 3.04
CT-603	(8.78) 2.99	(9.13) 3.02
CT-605	(9.40) 3.10	(9.55) 3.09
CT-607	(9.53) 3.07	(9.73) 3.12
CT-608	(9.60) 3.10	(9.78) 3.13
CT-609	(10.43) 4.21	(10.90) 3.30
SE ±	0.56	0.08
Dry season		
CT-115	(10.17) 3.19	(10.70) 3.27
CT-600	(8.94) 2.99	(8.63) 2.94
CT-601	9.67) 3.11	(9.23) 3.07
CT-602	(8.18) 2.86	(8.78) 2.96
CT-603	(8.82) 2.97	(8.58) 2.93
CT-605	(9.18) 3.03	(9.23) 3.04
CT-607	(9.42) 3.07	(9.20) 3.03
CT-608	(8.94) 2.99	(9.15) 3.02
CT-609	(22.56) 4.75	(9.93) 3.15
SE ±	0.50	0.08

() Real values

varieties in this study, which was determined by the high rainfalls that occurred in the second and third year of research (table 2), which limited the plants from expressing their production potential under drought stress conditions. However, in the first year of research, the value of rainfalls was lower than the rest of the experimental years and below the historical value, which could influence on the yields obtained that year. The previous determines the need to carry out future researches under of water stress conditions, as well as to use strategic fertilization in the rainy season in the western region of Cuba.

Acknowledgments

Thanks to the technicians M. García and Ana M. Cruz for their attention to the experiment, the sampling, the processing of samples and the analysis of the results.

Conflict of interests

There are no conflicts of interest between the authors

Authors contribution

R. S. Herrera: Conceptualization, Investigation, Formal analysis, Writing – original draft

en las variedades en el presente trabajo, lo que estuvo determinado por las altas precipitaciones que ocurrieron en el segundo y tercer año de investigación (tabla 2) lo que limitó que las plantas expresaran su potencial de producción en condiciones de estrés por sequía. No obstante, en el primer año de investigación el valor de las precipitaciones fue inferior al resto de los años experimentales y por debajo del valor histórico, lo cual pudo influir en los rendimientos obtenidos ese año. Lo anterior determina la necesidad de realizar futuras investigaciones en condiciones de estrés hídrico, así como emplear la fertilización estratégica en el período lluvioso en la región occidental de Cuba.

Agradecimientos

Se les agradece a los técnicos M. García y Ana M. Cruz la atención al experimento, los muestreos el procesamiento de las muestras y el análisis de los resultados.

Conflicto de intereses

No existen conflicto de intereses entre los autores

Contribución de los autores

R. S. Herrera: Conceptualización, Investigación, Análisis formal, Redacción – borrador original

References

- Arias, R.C., Ledea, J. L., Benítez, D.G., Ray, J.V. & Ramírez de la Ribera, J.L. 2018. "Performance of new varieties of *Cenchrus purpureus*, tolerant to drought, during dry period". Cuban Journal of Agricultural Science, 52(2): 203-214, ISSN: 2079-3472.
- Arias, R.C., Reyes, J. J., Ledea, J. L., Benítez, D.G., Ray, J.V. & Hernández, L.G. 2019a. "Agro productive response of new varieties of *Cenchrus purpureus*". Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22: 79-86, ISSN: 1870-0462.
- Arias, R.C., Reyes, J.J., Ray, J. V., Benítez, D.G., Hernández, L.G. & Ledea, J.L. 2019b. "Morphometric indicators in new megatermal varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to water stress". Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22: 115-125, ISSN: 1870-0462.
- Díaz, D. 2007. Evaluación agronómica de variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía en el Valle del Cauto. Tesis presentada en opción al título académico de Master en Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. InfoStat. Version 2012 [Windows]. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>.
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". Biometrics, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Febles, G. J. y Herrera, R.S. 2015. Introducción y características. En: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 1-11. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Cuba. ISBN: 978-959-7171-67-6.
- Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ed. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 93p. ISBN 978-959-7023-77-7.
- Herrera, R.S. 2006. Fisiología, y muestreos. En: Fisiología producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. EDICA. La Habana. p.89.
- Herrera, R.S. 2009. Mejoramiento de *Pennisetum purpureum* en Cuba. I Taller de tecnologías Ganaderas Sostenibles para Ambientes Adversos y Degradados. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov, Granma, Cuba.
- Herrera R.S. 2020. Obtención y evaluación de clones de *Cenchrus purpureus* con Tolerancia a la sequía y salinidad. Capítulo 9. pp 162-183. Editoras: Milagros de la C. Milera Rodríguez, Tania Sánchez Santana y Martha Hernández Chávez. Editorial Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. ISBN: 978-959-7138-44-0 Versión impresa ISBN: 978-959-7138-45-7 Versión digital.
- Herrera, R.S., Chaple, Z., Cruz, A.M., Romero, A. & García, M. 2003. "Obtainment of *Pennisetum purpureum* plantlets resistant to drought and salinity. Technical note". Cuban Journal of Agricultural Science, 37(2): 187-189, ISSN: 2079-3472.
- Herrera, R.S. & Ramos, N. 2015. Factores que influyen en la producción de biomasa y calidad. En: Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería. p. 87-131. Capítulo VI. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.
- Ledea-Rodríguez, J. L., La O-León, O. & González-García, H. 2017. "Tasa de pasaje ruminal de la materia seca y orgánica de variedades de *Cenchrus purpureus*". Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ. XIV: 39-47, ISSN: 2007-042X.
- Ledea, J.L., La O. O. & Ray, J.V. 2016. "Characterization of in situ ruminal degradability of dry matter in new varieties of drought tolerant *Cenchrus purpureus*". Cuban Journal of Agricultural Science, 50(3): 421-433, ISSN: 2079-3472.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. Contributions to Probability and Statistics. Ed. Stanford. University Press, California, USA, pp. 278-292.
- Ray, J.V., Almaguer, R F., Ledea, J. L., Benítez, D.G., Arias, R.C. & Rosell, G. 2018. "Evaluation of varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to drought under pre-mountain conditions". Cuban Journal of Agricultural Science, 52 (1): 75-85, ISSN: 2079-3472.
- Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. "An análisis of variante test for normality (complete simples)". Biometrika, 52(3&4): 591-611, ISSN: 0006-3444. <https://doi.org/10.2307/2333709>.

Received: January 23, 2022

Accepted: April 15, 2022