

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

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

R. S. Herrera

Instituto de Ciencia Animal

C. Central km 47 ½, San José de las Lajas, Mayabeque

Apdo 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Email: rsherrera48@gmail.com

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

The influence of strategic fertilization with nitrogen (150 kgN/ha) applied in the rainy season in *Cenchrus purpureus* varieties tolerant to drought (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-604, CT-605, CT-608 y CT-609) compared with CT-115 as control was studied. A random block design with five replications was used. In the dry season only CT-604 had the highest ($P<0.001$) dry matter percentage of leaf, stem and the whole plant. The highest ($P<0.001$) leaves content was showed by CT-605 (60.07 and 60.17% in the rainy and dry season, respectively). The varieties CT-605, CT-608 and CT-609 (5.0, 5.6 and 5.2 tDM/ha, respectively) exceeded ($P<0.001$) the yield of CT-115 (3.4 tDM/ha) in the dry season. The leaf area varied ($P<0.001$) between varieties, while CT-604 showed the lower population ($P<0.001$) in both climatic seasons (7.2 and 4.6 tillers/5min the dry and rainy season, respectively). The varieties CT-605, CT-608 and CT-609 increased their yield in the dry season with adequate leaves contents and adequate population. It is suggest expanding this information with the chemical composition and extending these varieties in the western region, always you had the nitrogenous fertilizer.

Key words: *Cenchrus*, yields, leaves, population

Due to the extension reached by *Cenchrus purpureus* in the tropical world, several are the countries, universities and research centers that study the varieties from this genus, including those obtaining through genetic improvement programs using different methods (Herrera and Martínez 2015, Guimaraes de Favare *et al.* 2019, Sinche *et al.* 2021, Vander Pereira *et al.* 2021 and Lire Wachamo 2022).

At the Instituto de Ciencia Animal were obtained, by *in vitro* tissue culture, new *C. purpureus* varieties tolerant to drought and salinity (Herrera *et al.* 2003) and were evaluated in the western region of the country (Granma), those tolerant to drought (Díaz 2007, Ray *et al.* 2016 and Arias *et al.* 2018, 2019ab) and to medium soil salinity (Ledea *et al.* 2017, Álvarez *et al.* 2019 and Álvarez 2021) showed promising results.

However, in the western region of the country with a rainfall pattern up to 1400 mm annual (Herrera *et al.* 2018), the drought tolerant varieties did not show an effective response, due to the high rainfall volume

Se estudió la influencia de la fertilización estratégica con nitrógeno (150 kgN/ha) aplicada en el período lluvioso en variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-604, CT-605, CT-608 y CT-609) comparados con el CT-115 como testigo. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas. En el periodo poco lluvioso solo el CT-604 tuvo el mayor ($P<0.001$) por ciento de materia seca de la hoja, el tallo y la planta íntegra. El mayor ($P<0.001$) contenido de hojas lo presentó el CT-605 (60.07 y 60.17 % en el período lluvioso y poco lluvioso, respectivamente). Las variedades CT-605, CT-608 y CT-609 (5.0, 5.6 y 5.2 tMS/ha, respectivamente) superaron ($P<0.001$) el rendimiento del CT-115 (3.4 tMS/ha) en el período poco lluvioso. El área foliar varió ($P<0.001$) entre las variedades, mientras que la menor población ($P<0.001$) la presentó el CT-604 en ambas estaciones climáticas (7.2 y 4.6 macollas/5m en el período poco lluvioso y lluvioso, respectivamente). Las variedades CT-605, CT-608 y CT-609 incrementaron su rendimiento en el período poco lluvioso con apropiados contenidos de hojas y adecuada población. Se sugiere ampliar esta información con la composición química y extender estas variedades en la región occidental, siempre que se disponga de fertilizante nitrogenado.

Palabras clave: *Cenchrus*, rendimientos, hojas, población

Debido a la difusión alanzada por *Cenchrus purpureus* en el mundo tropical, varios son los países, universidades y centros de investigación que estudian las variedades de este género, incluidas las obtenidas mediante programas de mejora genética empleando diferentes métodos (Herrera y Martínez 2015, Guimaraes de Favare *et al.* 2019, Sinche *et al.* 2021, Vander Pereira *et al.* 2021 y Lire Wachamo 2022).

En el Instituto de Ciencia Animal se obtuvieron, mediante el cultivo de tejidos *in vitro*, nuevas variedades de *C. purpureus* tolerantes a la sequía y salinidad (Herrera *et al.* 2003) y se evaluaron en la región oriental del país (Granma), las tolerantes a la sequía (Díaz 2007, Ray *et al.* 2016 y Arias *et al.* 2018, 2019ab) y las tolerantes a mediana salinidad del suelo (Ledea *et al.* 2017, Álvarez *et al.* 2019 y Álvarez 2021) mostraron resultados promisorios.

Sin embargo, en la región occidental del país con un régimen de precipitaciones de hasta 1400 mm anuales (Herrera *et al.* 2018), las variedades tolerantes a la sequía no mostraron una respuesta efectiva, atribuible al alto volumen

during the dry season (Herrera 2022). These evaluations were made without irrigation and fertilization as same in Granma province.

These elements determined the questioning about of what could be their performance if during the rainy season, strategic nitrogen fertilization were applied and irrigation were not used in the dry season, which was the objective of this research.

Materials and Methods

Location. The experiment was carried out at the Miguel Sistachs Naya pasture station belonging to Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. The rainfalls and temperature during the experimental stage are shown in table 1.

Table 1. Some climate indicators during the experimental stage

Indicator	Months											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Min.t, °C	10.0	19.4	20.2	20.0	21.1	22.5	20.7	20.6	20.5	20.1	16.8	17.5
Max.t, °C	24.3	26.0	29.2	27.3	30.9	27.9	27.3	31.9	31.3	30.5	26.0	25.0
A.t, °C	18.7	22.1	25.2	25.0	25.0	25.3	25.8	24.7	25.5	24.8	21.5	22.9
Rain, mm	12.0	46.0	37.0	62.0	234.0	151.0	180.0	383.0	152.0	44.0	51.0	55.0

Min.t: minimum temperature Max.t: maximum temperature A.t: average temperature

Experimental design and treatments. A random block design with five replications was used. A total of eight *Cenchrus purpureus* varieties (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-604, CT-605, CT-608 and CT-609) drought tolerant obtained by *in vitro* tissue culture (Herrera *et al.* 2003) were evaluated and compared with *C. purpureus* CT-115 which was its parent. During the dry season was fertilized with 150 kgN/ha fractionated in three times (50 kgN/ha/application) and phosphoric and potassium fertilizer was not used. The soil was Typical Red Ferralitic (Hernández *et al.* 2015) and its composition appears in table 2.

Table 2. Chemical composition of the soil in the experimental area

pH		mg/100g		OM, %	Total salts, %
KCl	H ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O		
4.9	6.7	2.9	7.8	3.0	0.39

Procedure. During the dry season, conventional soil preparation was performed and the plantation was carried out in the rainy season at a distance of 1m between rows. Plots of 25 m² were delimited for each varieties and in each of them the same number of buds were distributed to guaranteed the population homogeneity. The seed had five months and belongs to the germplasm bank from the Station. After one hundred and fifty days of sowing the establishment cut was made. From that moment cuts every 60 and 90 days were carried out in the rainy and dry season, respectively at a height of 10cm above soil level. The fertilizer was applied after each cut in the rainy season.

de las precipitaciones durante el período poco lluvioso (Herrera 2022). Estas evaluaciones se realizaron sin riego ni fertilización al igual que en la provincia Granma.

Estos elementos determinaron la interrogante acerca de cuál sería su comportamiento si durante el período lluvioso, se aplicara fertilización nitrogenada estratégica y no se empleará riego en el período poco lluvioso, lo cual constituyó el objetivo de la presente investigación.

Materiales y Métodos

Localización. El experimento se desarrolló en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Miguel Sistachs Naya" del Departamento de Pastos del Instituto de Ciencia Animal, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Las precipitaciones y las temperaturas durante la

etapa experimental se muestran en la tabla 1.

Diseño experimental y tratamientos. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas. Se evaluaron ocho variedades de *Cenchrus purpureus* (CT-600, CT-601, CT-602, CT-603, CT-604, CT-605, CT-608 y CT-609) tolerantes a la sequía obtenidas por cultivo de tejidos *in vitro* (Herrera *et al.* 2003) y se compararon con el *C. purpureus* CT-115 que fue su progenitor. Durante el período lluvioso se fertilizó con 150 kgN/ha fraccionado en tres oportunidades (50 kgN/ha/aplicación) y no se empleó fertilizante fosfórico ni potásico. El suelo fue Ferralítico Rojo Típico (Hernández *et al.* 2015) y su

composición aparece en la tabla 2.

Procedimiento. El suelo se preparó de forma convencional durante el período poco lluvioso y la plantación se realizó en el período lluvioso, en surcos espaciados 1m entre sí. Se delimitaron parcelas de 25 m² para cada una de las variedades y se distribuyó en cada una de ellas el mismo número de yemas para garantizar la homogeneidad de la población. La semilla tenía cinco meses de edad y provenía del banco de germoplasma de la propia Estación. Transcurridos 150 días de la plantación se efectuó el corte de establecimiento. A partir de ahí se realizaron cortes cada 60 y 90 días en los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente

Irrigation was not used during the dry season. The experiment lasted a year.

Sampling were carried out in the central rows leaving free the two of the plots side as border effect, for 15 m² of harvestable area. In this area a total of five tillers were taken as sampling units and in each of them were measured: height, dry matter percentage of leaves, stems and whole plant, percentage of leaves and stems, length and wide of the fourth leaf completely open, number of green leaves per stem, foliar area, dry matter yield and population. All was performed according to the methodology 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 variables number of leaves per stem and population using \sqrt{x} .

Results

The plants height differs ($P < 0.001$) between varieties in both climatic seasons and CT-603 showed the lower value in both seasonal periods. However, drew the attention that the height of varieties was numerically higher, in general, in the rainy season (table3).

Table 3. Height (cm) of varieties in both seasonal periods

Variety	Dry season	Rainy season
CT-115	86.3 ^{de}	60.8 ^{ab}
CT-600	68.3 ^{ab}	58.5 ^{ab}
CT-601	80.0 ^{bcd}	66.8 ^{ab}
CT-602	73.0 ^{abc}	88.8 ^d
CT-603	66.5 ^a	56.0 ^a
CT-604	104.5 ^f	73.7 ^{bcd}
CT-605	66.5 ^c	81.2 ^{cd}
CT-608	97.5 ^{ef}	80.2 ^{cd}
CT-609	82.7 ^d	71.4 ^{abc}
EE±	4.1 ^{***}	5.3 ^{***}

^{abcdef} Values with uncommon letters differ to $P < 0.05$ Duncan (1955) *** $P < 0.001$

There were differences ($P < 0.05$) in the dry matter percentage of leaf, stem and the whole plant between the varieties in both seasonal periods and the highest value, in general, was recorded by CT-604 (table 4). It is of highlighted, that plants had lower dry matter content in the dry season.

In the rainy season the amount of leaves did not varied between varieties, but in the dry season the

a 10 cm de altura sobre el nivel del suelo. El fertilizante se aplicó después de cada corte en el período lluvioso. Durante el período poco lluvioso no se empleó riego. El experimento tuvo una duración de un año.

Los muestreos se realizaron en los tres surcos centrales dejando libres los dos de los extremos de las parcelas, como efecto de borde, para un área cosechable de 15 m². En dicha área se tomaron cinco macollas como unidades muestrales y en cada una de ellas se midieron: altura, por ciento de materia seca de las hojas, tallos y planta íntegra, por ciento de hojas y tallos, longitud y ancho de la cuarta hoja completamente abierta, número de hojas verde por tallo, área foliar, rendimiento de materia seca y población. Todo lo anterior se realizó según la metodología descrita por 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 mediante Duncan (1955). Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para todas las variables, a partir de las dójimas 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 las variables número de hojas por tallo y población empleando \sqrt{x} .

Resultados

La altura de las plantas difirió ($P < 0.001$) entre las variedades en ambas estaciones climáticas y el CT-603 presentó el menor valor en ambos períodos estacionales.

Sin embargo, llamó la atención que la altura de las variedades fue numéricamente superior, en general, en el período poco lluvioso (tala 3).

Hubo diferencias ($P < 0.05$) en el por ciento de materia seca de la hoja, el tallo y la planta íntegra entre las variedades en ambos períodos estacionales y el mayor valor, en general, lo registró el CT-604 (tabla 4). Es de señalar que, las plantas tenían menor contenido de

Table 4. Dry matter percentage of leaves, stem and whole plant of the varieties in both climatic seasons

Variety	Dry season			Rainy season		
	Leaf	Stem	Plant	Leaf	Stem	Plant
CT-115	21.50 ^a	11.78 ^{ab}	15.66 ^{ab}	19.82 ^a	12.58 ^a	16.01 ^a
CT-600	22.00 ^a	12.13 ^b	14.54 ^a	20.45 ^a	14.46 ^{bc}	17.29 ^a
CT-601	22.48 ^a	11.98 ^b	15.85 ^{ab}	20.16 ^a	13.80 ^{ab}	16.82 ^a
CT-602	22.65 ^a	12.54 ^b	16.56 ^{bc}	22.74 ^c	18.57 ^c	19.07 ^b
CT-603	21.62 ^a	11.39 ^{ab}	16.42 ^{bc}	20.99 ^{ab}	13.98 ^{ab}	17.11 ^a
CT-604	32.00 ^b	31.64 ^d	30.69 ^d	21.96 ^{bc}	13.41 ^{ab}	16.07 ^a
CT-605	21.31 ^a	10.74 ^a	14.97 ^a	20.94 ^{ab}	13.10 ^{ab}	16.73 ^a
CT-608	22.43 ^a	13.74 ^c	17.61 ^c	20.88 ^{ab}	13.72 ^{ab}	16.77 ^a
CT-609	23.96 ^a	14.62 ^c	17.60 ^c	21.16 ^{ab}	14.44 ^{bc}	17.14 ^a
EE±	0.98 ^{***}	0.39 ^{***}	0.50 ^{***}	0.43 ^{***}	0.29 ^{**}	0.50 ^{**}

^{abcd} Values with uncommon letters differ to P<0.05 Duncan (1955)

highest value (P<0.01) was recorded by CT-605 and did not differ of CT-601, CT-602 and CT-603, while CT-115 only reached 50.7 %. For the stem content there were differences between varieties in both seasonal periods and the performance was variable, but, in general, during the rainy season recorded the highest values (table 5).

materia seca en el período poco lluvioso.

En el periodo lluvioso la cantidad de hojas no varió entre las variedades, pero en el poco lluvioso el mayor valor (P<0.01) lo registró el CT-605 y no difirió de CT-601, CT-602 y CT-603, mientras que el CT-115 solo alcanzó 50.7 %. Para el contenido de tallos hubo diferencias entre variedades en ambos periodos estacionales y el

Table 5. Values (%) of leaves and stems of varieties in both seasonal periods

Variety	Dry season		Raint season	
	Leaf	Stem	Leaf	Stem
CT-115	50.7 ^{ab}	41.4 ^a	32.02	54.61 ^a
CT-600	44.1 ^a	40.7 ^a	30.84	55.14 ^a
CT-601	52.9 ^{abc}	47.0 ^{ab}	31.30	55.19 ^a
CT-602	56.1 ^{bc}	43.9 ^{ab}	30.30	61.28 ^{ab}
CT-603	53.5 ^{abc}	43.5 ^{ab}	31.24	62.22 ^{ab}
CT-604	47.3 ^{ab}	52.6 ^b	30.84	57.70 ^{ab}
CT-605	60.2 ^c	39.8 ^a	30.53	57.30 ^{ab}
CT-608	45.7 ^a	49.1 ^{ab}	30.61	60.21 ^{ab}
CT-609	48.3 ^{ab}	45.9 ^{ab}	31.21	63.79 ^b
EE ±	2.9 ^{**}	3.2 [*]	0.49 NS	1.99 ^{**}

^{abc} Values with uncommon letters differ to P<0.05 Duncan (1955)

* P<0.05 ** P<0.01 NS: Not significant

In the dry season the length leaves of CT-604 only differ (P<0.001) of all variables with the lower value (48.75 cm) while, in the rainy season the highest values were obtained in CT-605, CT-608 and CT-609 (82.33, 82.50 and 83.17 cm, respectively). In both seasonal periods the varieties CT-605, CT-608 and CT-609 recorded the higher (P<0.001) leaves width (table 6).

The number of leaves per stem did not differ between varieties in both seasonal periods with a range of values between 4.97 and 6.02 in the dry season and between 6.25 and 7.23 in the rainy season.

comportamiento fue variable, pero, en general, durante el período lluvioso registraron los mayores valores (tabla 5).

En el período poco lluvioso la longitud de las hojas del CT-604 sólo difirió (P<0.001) de todas las variedades con el menor valor (48.75 cm) mientras que, en el lluvioso los mayores valores (P<0.05) se obtuvieron en el CT-605, CT-608 y CT-609 (82.33, 82.50 y 83.17 cm, respectivamente). En ambos períodos estacionales las variedades CT-605, CT-608 y CT-609 registraron el mayor (P<0.001) ancho de sus hojas (tabla 6).

El número de hojas por tallo no difirió entre variedades en ambos periodos estacionales con un rango

There were differences ($P<0.001$) between varieties in leaf area/stem. In the dry season CT-604 variety showed the lower value, while in the rainy season recorded the higher area (table 7).

de valores entre 4.97 y 6.02 en el período poco lluvioso y entre 6.25 y 7.23 en el período lluvioso.

Hubo diferencias ($P<0.001$) entre las variedades en el área foliar/tallo. En el período poco lluvioso la variedad

Table 6. Leaves characteristics in both seasonal periods

Variety	Dry season		Raint season	
	Leaf	Stem	Leaf	Stem
CT-115	94.75 ^b	70.50 ^a	2.73 ^{bc}	1.82 ^a
CT-600	94.50 ^b	71.67 ^{ab}	3.08 ^{cde}	1.93 ^a
CT-601	95.25 ^b	79.50 ^{abc}	2.88 ^{cd}	2.04 ^{ab}
CT-602	93.75 ^b	76.67 ^{abc}	2.78 ^{bc}	1.99 ^a
CT-603	96.75 ^b	73.33 ^{abc}	2.48 ^b	1.94 ^a
CT-604	48.75 ^a	81.67 ^{bc}	1.50 ^a	3.28 ^d
CT-605	97.25 ^b	82.33 ^{bc}	3.50 ^f	2.52 ^c
CT-608	96.75 ^b	82.50 ^c	3.73 ^e	2.49 ^c
CT-609	95.75 ^b	83.17 ^c	3.23 ^{def}	2.41 ^{bc}
EE ±	2.77 ^{***}	3.36 [*]	0.11 ^{***}	0.13 ^{***}

^{abcdef} Values with uncommon letters differ to $P<0.05$ Duncan (1955)

* $P<0.05$ *** $P<0.001$

Table 7. Leaf area/stem (cm^2) of varieties in both seasonal periods

Variety	Dry season	Rainy season
CT-115	1841.48 ^c	923.09 ^a
CT-600	1403.37 ^b	978.68 ^a
CT-601	1459.88 ^{bc}	1143.62 ^{abc}
CT-602	1419.91 ^b	961.48 ^a
CT-603	1686.96 ^{bc}	1015.92 ^{ab}
CT-604	486.28 ^a	1839.63 ^d
CT-605	1523.72 ^{bc}	1475.12 ^c
CT-608	1654.04 ^{bc}	1374.86 ^{bc}
CT-609	1523.72 ^{bc}	1278.90 ^{abc}
EE±	124.64 ^{***}	126.08 ^{***}

^{abcd} Values with uncommon letters differ to $P<0.05$ Duncan (1955)

*** $P<0.001$

The dry matter yield in both seasonal periods and in the annual total differed ($P<0.001$) between varieties. In the dry season the higher values were reached by the varieties CT-605, CT-608 and CT-609 and the lower value was to CT-115. In the rainy season the lower value was to CT-605. In the annual total CT-608 reached the highest ($P<0.001$) yield with 19.06 t DM/ha (table 8).

The population at the beginning of the experiment varied between varieties in a close range (7.3-10.2 tillers/5 m) and the lower value ($P<0.001$) was to CT-604. When finish the experimental stage, there were not differences between varieties (table 9).

CT-604 presentó el menor valor, mientras que en el lluvioso esta misma variedad registró la mayor área (tabla 7).

El rendimiento de materia seca en ambos períodos estacionales y en el total anual difirió ($P<0.001$) entre variedades. En el período poco lluvioso los mayores valores lo alcanzaron las variedades CT-605, CT-608 y CT-609 y el menor valor fue para el CT-115. En el período lluvioso el menor valor fue para el CT-605. En el total anual el CT-608 alcanzó el mayor ($P<0.001$) rendimiento con 19.06 t MS/ha (tabla 8).

La población al inicio del experimento varió entre las variedades en un rango estrecho (7.3-10.2 macollas/5 m) y el menor valor ($P<0.001$) fue para el CT-604. Al finalizar la etapa experimental, no hubo diferencias entre las variedades (tabla 9).

Table 8. Yields (DM t/ha) of varieties

Variety	Dry season	Rainy season	Annual total
CT-115	3.42 ^a	11.26 ^{ab}	14.68 ^{de}
CT-600	3.47 ^a	10.53 ^{ab}	14.00 ^{ef}
CT-601	4.70 ^{bc}	11.93 ^b	16.63 ^{bc}
CT-602	4.43 ^{abc}	12.70 ^b	17.13 ^b
CT-603	3.66 ^{ab}	11.64 ^b	15.30 ^{cd}
CT-604	4.53 ^{abc}	12.89 ^b	17.42 ^b
CT-605	5.01 ^c	8.55 ^a	13.56 ^f
CT-608	5.64 ^c	13.42 ^b	19.06 ^a
CT-609	5.25 ^c	11.11 ^{ab}	16.36 ^{bc}
EE ±	0.40 ^{***}	0.68 ^{***}	0.50 ^{***}

^{abcdef} Values with uncommon letters differ to P<0.05 Duncan (1955)

***P<0.001

Table 9. Population (tillers/5 m) at the beginning and end of the experimental stage

Variety	Beginning	End
CT-115	3.2 ^c (10.2)	3.22 (10.73)
CT-600	3.0 ^{bc} (9.0)	2.99 (8.52)
CT-601	3.0 ^{bc} (9.0)	3.16 (9.85)
CT-602	3.2 ^c (10.2)	2.99 (9.36)
CT-603	3.1 ^{bc} (9.6)	2.99 (8.78)
CT-604	2.7 ^a (7.3)	3.10 (9.40)
CT-605	3.0 ^{bc} (9.0)	3.07 (9.53)
CT-608	3.1 ^{bc} (9.6)	3.10 (9.60)
CT-609	2.9 ^b (8.4)	4.21(10.43)
SE ±	0.07 ^{***}	0.06 NS

^{abc}Values with uncommon letters differ to P<0.05 Duncan (1955) ***P<0.001

() Real values NS: Not significant

Discussion

Height is an indicator of development degree and physiological state of the plant and depends on variables as fertilization, irrigation, soil, climate and varieties, among other factors. This is an indicator useful in improvement programs for varieties selection (Jabessa *et al.* 2022).

In the western region of Cuba, Arias *et al.* (2019ab) reported that in both seasonal periods the height showed significant differences between *Cenchrus purpureus* varieties tolerant to drought. Similar performance shows Herrera (2022) when evaluating the same varieties in the western region of Cuba. In both researchers was clearly showed the genotype-environmental effect, since numerical values were different in both regions and this was fulfilled in the results of this experiment.

On the other hand, it is important to highlight that the plants height was superior in the dry season regard to the rainy season. This is logical and can be

Discusión

La altura es un indicador del grado de desarrollo y estado fisiológico de la planta y depende de variables como la fertilización, riego, suelo, clima y variedades, entre otros factores. Este es un indicador de utilidad en los programas de mejoramiento para la selección de variedades (Jabessa *et al.* 2022).

En la region oriental de Cuba, Arias *et al.* (2019ab) informaron que en ambos períodos estacionales la altura mostró diferencias significativas entre las variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía. Similar comportamiento señaló Herrera (2022) al evaluar las mismas variedades en la región occidental de Cuba. En ambas investigaciones se manifestó claramente el efecto genotipo-ambiente, ya que los valores numéricos fueron diferentes en ambas regiones y esto se cumplió en los resultados del presente experimento.

Por otro lado, es importante señalar que la altura de las plantas fue superior en el período poco lluvioso respecto al período lluvioso. Esto es lógico y puede

attributing to two main elements: the residual effect of nitrogen fertilization in the rainy season and the differences of regrowth age between both seasonal periods.

The values of dry matter percentage of the whole plant were in the range of the reported by Díaz (2007) and Herrera (2013) in the evaluation of these varieties in the eastern and western region, respectively. However, the CT-604 showed high value which is probable that indicate certain sensitive to maintain the adequate water balance under stress conditions, aspect that should be depth study in future researchers. On the other hand, Maleko *et al.* (2019) when evaluating these indicators found values variability between Napier varieties. These indicators depend on different factors which are climatic elements, specially relative humidity and rainfalls. These elements made the plant to be forced to maintain their water balance and therefore, they give variability to the dry matter content of the leaf, stem and the whole plant.

Alves *et al.* (2022) reported that Napier leaves content varied with the regrowth age and the fertilization, while Herrera (2020) when evaluating *Cenchrus* varieties tolerant to drought found differences between them in leaves value and the highest values were recorded, in general, during the rainy season and showed their decrease with the production time. On the other hand, it was encouraging that CT-605 showed the highest leaves content in the dry season. This could be a positive aspect of this variety since, despite the high value of leaves content, the dry matter percentage is relatively low, which show the existence of an adequate mechanism to maintain water balance in the plant and to avoid high transpiration.

Guimarães de Favare *et al.* (2019), Jabessa *et al.* (2022) and Tesfaye Atumo *et al.* (2022) reported the high variability of length and width of leaves as a result of Napier variety effect, location and season of the year. In addition, these indicators are considered essentials in the evaluation of new varieties. This same performance was obtained in this research and it is important to add that, these leaves indicators are basics in the physiology and metabolism of the plant because it is the place where photosynthesis is performed.

These varieties yields are in the range of values obtained by Herrera *et al.* (2012) and Álvarez *et al.* (2013) when evaluating, without irrigation and fertilization, *Cenchrus purpureus* varieties obtaining by tissue culture from CT-115 and were characterized by having better agronomic indicators than it partners, although three of the studied varieties (CT-605, CT-608 and CT-609) achieved higher yields, especially during the dry season. The above is determined by fertilization effect on the rainy season, because when previously evaluating (Herrera 2022) these same varieties without fertilization there was

atribuirse a dos elementos fundamentales: el efecto residual de la fertilización nitrogenada en el período lluvioso y a las diferencias de edades de rebrote entre ambos períodos estacionales.

Los valores del por ciento de materia seca de la planta íntegra estuvieron en el rango de lo informado por Díaz (2007) y Herrera (2013) en la evaluación de estas variedades en la región oriental y occidental, respectivamente. Sin embargo, el CT-604 presentó valores altos lo cual es probable que indique cierta susceptibilidad para mantener el adecuado balance hídrico en condiciones de estrés, aspecto este que debe ser estudiado con profundidad en investigaciones futuras. Por otra parte, Maleko *et al.* (2019) al evaluar estos indicadores también encontraron variabilidad de los valores entre las variedades de Napier. Estos indicadores dependen de diferentes factores entre los cuales se encuentran los elementos climáticos, en especial la humedad relativa y las precipitaciones. Estos elementos hacen que la planta esté obligada a mantener su balance hídrico y, por lo tanto, imparten variabilidad al contenido de materia seca de la hoja, el tallo y de la planta íntegra.

Alves *et al.* (2022) informaron que el contenido de hojas del Napier varió con la edad de rebrote y la fertilización, mientras que Herrera (2020) al evaluar variedades de *Cenchrus* tolerantes a la sequía encontró diferencias entre ellas en el tenor de hojas y los mayores valores se registraron, en general, durante el período lluvioso y señaló su disminución con el tiempo de explotación. Por otro lado, resultó alentador que el CT-605 mostrara los mayores contenidos de hojas en el período poco lluvioso. Esto pudiera ser un aspecto positivo de esta variedad ya que, a pesar del alto valor del contenido de hojas, el por ciento de materia seca es relativamente bajo, lo cual indica la existencia de un adecuado mecanismo para mantener el equilibrio hídrico en la planta y evitar alta transpiración.

Guimarães de Favare *et al.* (2019), Jabessa *et al.* (2022) y Tesfaye Atumo *et al.* (2022) informaron la alta variabilidad de la longitud y ancho de las hojas como resultado del efecto de la variedad de Napier, la localidad y la época del año. Además, estos indicadores lo consideran fundamentales en la evaluación de nuevas variedades. Este mismo comportamiento se obtuvo en la presente investigación y es preciso añadir que, estos indicadores de las hojas son fundamentales en la fisiología y metabolismo de la planta ya que es el sitio donde se realiza la fotosíntesis.

Los rendimientos de estas variedades se encuentran dentro del rango de valores obtenidos por Herrera *et al.* (2012) y Álvarez *et al.* (2013) al evaluar, sin riego ni fertilización, variedades de *Cenchrus purpureus* obtenidos por cultivo de tejidos a partir de CT-115 y que se caracterizaron por presentar mejores indicadores agronómicos que su progenitor, aunque tres de las variedades aquí estudiadas (CT-605, CT-608 y CT-609) lograron mayores rendimientos, en especial durante el período poco lluvioso. Lo anterior está determinado por el efecto de la fertilización en el período lluvioso, ya que con anterioridad al evaluar (Herrera 2022) estas

not the mentioned response.

On the other hand, Ray *et al.* (2016) evaluated under drought conditions (800 mm annual rainfall) a group of *Cenchrus* varieties drought tolerant and among the ones that showed the best results are studied in this research. This means that, when the plant nutrition increase through strategic fertilization, the plant nutritional profile favorable changes to the best adaptation to water stress.

The previous was showed by Herrera *et al.* (2016) when performing a study of relation between climatic factors and the yield of *Pennisetum* varieties. These authors point out that the Pearson correlation coefficients between yield and rain or their distributions are specific for each climatic season and this showed that the plant has the particular ability of adapting to volume and rain distribution.

On the other hand, population varied in a closely range and these varieties, above all the promising, maintained the same population during the experimental period and strengthens the previous.

The previous show the need to carry out the economic valuation of the obtained results in this study, since it is possible to produce forage during the dry season with the varieties CT-605, CT-608 and CT-609 with productivity superior to the species currently used.

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, Research, Formal Analysis, Writing – original draft

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses entre los autores
Contribución de los autores

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

References

- Álvarez Báez, Y. 2021. Comportamiento productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* en el Valle del Cauto, Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad de Granma, Cuba.
- Álvarez Báez, Y., Herrera García, R. S., Méndez Martínez, Y., Ramírez de la Ribera, J. L. & Verdecia Acosta, D. M. 2019. "Evaluation of *Cenchrus purpureus* varieties with salinity tolerance in Valle del Cauto, Cuba. Agronomic performance". Cuban J. Agric. Sci. 53(2): 169-176. ISSN: 2079-3472.
- Álvarez, A., Herrera, R.S., Díaz, L. & Noda, A. 2013. "Influence of rainfall and temperature on biomass production of *Pennisetum purpureum* clones". Cuban J. Agric. Sci. 47:413-417. ISSN: 2079-3472.
- Alves, J. P., Mendes, S. S., Galeano, E. S., Orrico Junior, M. A. P., Fernandes, T., Retore, M., Orrico, A. C. A. & Lopes, L. da S. 2022. "Forage Production and Quality of BRS Capiacu as a Response of Cutting Age and Nitrogen Application". Tropical Animal Science Journal, 45(2):179-186. ISSN 2615-787X. DOI: <https://doi.org/10.5398/tasj.2022.45.2.179>.
- 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 J. Agric. Sci, 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 nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía del Valle del

mismas variedades sin fertilización no se obtuvo la referida respuesta.

Por otro lado, Ray *et al.* (2016) evaluaron en condiciones de sequía (800 mm de precipitación anual) un grupo de variedades de *Cenchrus* tolerantes a la sequía y entre las que mejores resultados presentaron se encuentran las aquí estudiados. Esto quiere decir que, cuando se mejora la nutrición de la planta mediante fertilización estratégica, se logra corregir el perfil nutricional de la planta y adaptarse mejor al estrés que se produce por la falta de agua.

Lo anterior quedó demostrado por Herrera *et al.* (2016) al realizar un estudio de la relación entre los factores climáticos y el rendimiento de variedades de *Pennisetum*. Estos autores señalaron que los coeficientes de correlación de Pearson entre el rendimiento y la lluvia o su distribución son específicos para cada estación climática y esto indicó que la planta tiene la capacidad particular de adaptarse al volumen y la distribución de las lluvias.

Por otro lado, la población varió en un rango muy estrecho y estas variedades, sobre todo las promisorias, mantuvieron la misma población durante el período experimental y reafirma lo señalado con anterioridad.

Lo anterior indica la necesidad de realizar la valoración económica de los resultados aquí obtenidos, ya que quedó demostrado que es posible producir forraje durante el período poco lluvioso con las variedades CT-605, CT-608 y CT-609 con productividad superior a las especies empleadas en la actualidad.

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.

- Cauto. Tesis de Maestría. IIA Jorge Dimitrov, Granma.
- 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 ranges and multiple f test". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Guimaraes de Favare, H., Goncalves de Abreu, J., Vieira de Barros, L., Gomes da Silva, F., Mendes Ferreira, L.M., Aparecido Barelli, M.A., Martins da Silva Neto, I., Avelino Cabral, C. E., Peixota, W.M., da Silva Campos, F.I., da Silva Ledo, F.J., Ribeiro da Silva, V. Q. & Santos Herrera, L. D. 2019. "Effect of Elephant grass genotypes to bioenergy production". *Journal of Experimental Agriculture International*, 38 (1):1-11. ISSN: 2457-0591.DOI:10.9734/JEAI/2019/v38i130289.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. & 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, calidad y muestreos. En: *Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás*. p 1-108. Tomo I. ISBN: 959-7171-04-X. Eds. R.S. Herrera, I. Rodríguez y G. Febles. Instituto de Ciencia Animal, La Habana.
- Herrera, R.S. 2013. Clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía y salinidad. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. CD-ROM.
- 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. 2022. "Evaluation of *Cenchrus purpureus* varieties tolerant to drought in the western region of Cuba". *Cuban J. Agric. Sci*, 56(2): 1-9, ISSN: 2079-3472.
- 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 J. Agric. Sci*. 37:187-189. ISSN: 2079-3472.
- Herrera, R. S., García, M. & Cruz, A. 2016. "Relación entre algunos indicadores climáticos con la altura, rendimiento y población de clones de *Pennisetum purpureum*". *Avances en Investigación Agropecuaria* 20(2): 33-41. ISSN: 2683 1716.
- Herrera, R.S., García, M. & Cruz, A. M. 2018. "Study of some climate indicators at the Institute of Animal Science from 1967 to 2013 and their relation with grasses". *Cuban J. Agric. Sci*, 52(4): 411-421, ISSN: 2079-3472.
- Herrera, R.S., García, M., Cruz, A. M. & Romero, A. 2012. "Assessment of *Pennisetum purpureum* clones obtained by *in vitro* tissue culture". *Cuban J. Agric. Sci*. 46:427- 434. ISSN: 2079-3472.
- Herrera, R.S. & Martínez, R. O. 2015. Mejoramiento genético. En: *Producción de biomasa de variedades y clones de *Pennisetum purpureum* para la ganadería*. p. 13-32. Capítulo II. ISBN: 978-959-7171-67-6. Ed. R.S. Herrera, EDICA, Mayabeque, Cuba.
- Jabessa, T., Bekele, K., Tesfaye, G. & Amare, Z. 2022. "Evaluation of Elephant Grass (*Pennisetum purpureum* L) Accessions for Their Agronomic Performances in Lowland Areas of Guji Zone, Southern Oromia, Ethiopia". *American Journal of Biological and Environmental Statistics*, 8(1): 31-35 ISSN: 2471-979X doi: 10.11648/j.ajbes.20220801.14.
- Ledeá Rodríguez, J. L., Benítez Jiménez, D. G., Arias Pérez, R. C. & Guerra Manso, A. 2017. "Comportamiento agronómico de cultivares de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la salinidad". *Rev. prod. anim.*, 29 (3):18-28. ISSN 2224-7920.
- Levene, H. 1960. Robust tests for the equality of variance. *Contributions to Probability and Statistics*. Ed. Stanford. Univesity Press, California, USA, pp. 278-292.
- Lire Wachamo, H. 2022. Diversity and genome-wide association in napier grass (*Cenchrus purpureus* L.) collections for agronomic and drought-tolerance related traits. MSc. Thesis. Hawassa University, Hawassa, Ethiopia.
- Maleko, D., Mwilawa, A., Msalya, G., Pasape, L. & Mtei, K. 2019. "Forage growth, yield and nutritional characteristics of four varieties of napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach) in the west Usambara highlands, Tanzania". *Scientific African* 6 e00214. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00214>.
- Ray, J., Herrera, R. S., Benítez, D., Díaz, D. & 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*. 50:639-648. ISSN: 2079-3472.
- Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. "An análisis of variante test for normalita (complete simples)". *Biometrika*, 52(3&4):591-611, ISSN: 0006-3444. <https://doi.org/10.2307/2333709>.
- Sinche, M., Kannan, B., Paudel, D., Corsxato, C., Lopez, Y., Wang, J. & Altpeter, F. 2021. "Development and characterization of Napier grass (*Cenchrus purpureus* Schumach) mapping population for flowering-time-and biomass-related traits reveal individuals with exceptional potential and hybrid vigor". *GCB Bioenergy*, 1: 1561-1575. ISSN: 1757-1707, <https://doi.org/10.1111/gcbb.12876>.
- Tesfaye Atumo, T., Gudero Mengesha, G., Fanta Heliso, M. & Kebede Kalsa, G. 2022. "Yield Dynamics and Nutrient Quality of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) Varieties under Consecutive Harvests". *Ethiopian Journal of Science and Sustainable Development*, 9 (1),1-9 e-ISSN 2663-3205.
- Vander Pereira, A., de Andrade Lira, M., Campolina Machado, J., de Miranda Gomide, C.A., Martins, C.E., da Silva Ledo, F.J. & Figueiredo Daher, R. 2021. "Elephant grass, a tropical grass for cutting and grazing" *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 16(3) e9317, ISSN: 1961-0997. DOI 10. 5039/lagraria.v18i3a9317.

Received: May 28, 2022

Accepted: July 29, 2022