

SEASON, FERTILIZATION, AND YIELD OF VARIETIES OF *Pennisetum purpureum*

TEMPORADA, FERTILIZACIÓN Y RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE *Pennisetum purpureum*

O. Santiago Ramos-Trejo, C. Arturo Victoria-Graniel, J. José Sandoval-Gío*

Instituto Tecnológico de Tizimín, km 3.5, final del aeropuerto Cupul s/n. 97700. Tizimín, Yucatán, México. (jsandoval29@hotmail.com; jsandovalgio@gmail.com).

ABSTRACT

Pennisetum purpureum has an extended use as forage and further knowledge related to the seasonal influence and fertilization could improve its cultivation. The effects of dry and rainy season and application of fertilizers (200-60-00), on the yield of four varieties of *P. purpureum* (Taiwan, OM-22, Maralfalfa, CT-115), and a homogeneous mixture of them were evaluated. The study, with four replicates, was conducted at Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Tizimín, México, and lasted 10 months. Dry matter (DM), crude protein, leaf/stem ratio, stalks per cluster, and plant height, were assessed. Mean values of DM of all treatments in rainy season were significantly different with respect of dry season (36 and 28 t ha⁻¹). Dry matter in treatments with fertilizer was 35 t ha⁻¹, 21 % higher than control without fertilizer (~ 29 t ha⁻¹). Assessment of interaction factors showed that the best mean value was for rainy season with fertilizer (~39 t DM ha⁻¹) and in individual evaluation, Maralfalfa and OM-22, recorded the best yield (~44 t DM ha⁻¹ fertilizers in rainy season). Dasometric measurements were inconstant for cultivars of the study. We suggest comparing these results with other indicators associated with rainfall and soil humidity for a better perspective of the cultivation of this species.

Keywords: Chemical composition, dry matter, tropical forages, King Napier grass, yield.

INTRODUCTION

The increase of demand for foods from animal origin caused a tendency to intensify the use of land for livestock production (Montenegro and Abarca, 2002; Cino and Díaz, 2010). One alternative for a substantial increase of livestock

RESUMEN

Pennisetum purpureum tiene uso amplio como forraje y el conocimiento mayor relacionado con la influencia estacional y fertilización podría mejorar su cultivo. Los efectos de la temporada seca y lluviosa y la aplicación de fertilizantes (200-60-00) se evaluaron en el rendimiento de cuatro variedades de *P. purpureum* (Taiwán, OM-22, Maralfalfa, CT-115), y una mezcla homogénea de ellas. El estudio, con cuatro repeticiones, se realizó durante 10 meses en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Tizimín, México. La materia seca (MS), proteína cruda, relación hoja/tallo, los tallos por macollo, y la altura de la planta fueron evaluados. Los valores promedio de MS de todos los tratamientos en temporada de lluvias fueron significativamente diferentes a los de la temporada seca (36 y 28 t ha⁻¹). La materia seca en los tratamientos con fertilizante fue de 35 t ha⁻¹, 21 % mayor al testigo sin fertilizante (~ 29 t ha⁻¹). La evaluación de la interacción de los factores mostró que el valor promedio mejor fue el de la temporada de lluvia y fertilización (~39 t MS ha⁻¹) y en la evaluación individual Maralfalfa y OM-22 mostraron rendimiento mayor (~44 t MS ha⁻¹ fertilizados en temporada de lluvias). Las mediciones dasométricas no fueron constantes para los cultivares del estudio. Sugerimos comparar estos resultados con otros indicadores asociados con la lluvia y la humedad del suelo para obtener una mejor perspectiva del cultivo de esta especie.

Palabras clave: Composición química, materia seca, forrajes tropicales, King Napier Grass, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda de alimentos de origen animal causa una tendencia a intensificar el uso de tierras para la producción de ganado (Montenegro y Abarca, 2002; Cino y Díaz, 2010). Una alternativa para el aumento sustancial de la productividad de la ganadería es el uso de forraje, que en los países tropicales es la fuente económicamente más

* Author for correspondence ♦ Autor responsable.

Received: November, 2014. Approved: August, 2015.

Published as ARTICLE in *Agrociencia* 49: 837-844. 2015.

productivity is the use of forage, which in tropical countries is the most economically viable source of food for ruminants. Thus, a variety of forage options utilizing optimized grass can provide large volumes of biomass of acceptable quality in tropical livestock (Argel, 2006; Sánchez *et al.*, 2008). However, due to the fact that the forage used is generally naturalized, there are limiting factors, i.e. the marked seasonality of availability (Lamela *et al.*, 2005) and the variation of nutritional value (dos Santos *et al.*, 2001; Araya and Boschini, 2005).

The *Pennisetum* genus is used in the tropics (Aguado-Santacruz *et al.*, 2004) and worldwide (Anderson *et al.*, 2008) mainly due to the high forage yields of developed clones from *P. purpureum* (Febles *et al.*, 2007). Araya and Boshini (2005) found high levels of dry matter (DM) from King Grass and Taiwan clones at 112 and 140 d of cutting cycles. Chacón-Hernández and Vargas-Rodríguez (2010) reported reduced protein content for this crop, with harvest cycles longer than 60 d due to the diminished leaf/stem ratio. Lounglawan *et al.* (2014) stated that cutting of King Napier grass in periods from 45 to 60 d produces greater DM than cutting at 30 d.

Nevertheless, with the recognized efficiency of this species, there is inconclusive evidence regarding how seasonality and use of fertilization could influence the growth of *P. purpureum* in the Neotropical regions. For instance, varieties of *P. purpureum* produce divergent results of crude protein content (Márquez *et al.*, 2007) and production of DM when used with nitrogenized fertilizers (Cerdas and Vallejos 2010; Osorio and Rodríguez, 2010; Ramos-Trejo *et al.*, 2013). It is possible that if seasonal effects in *P. purpureum* were evaluated, data regarding the yield of the crop could be defined of a better manner.

Based on the above evidence, the aim of this research was to evaluate the effect of season and fertilizer doses on the yield and quality of four varieties of *P. purpureum* (both individual and associated) in the Eastern region of Yucatán, Mexico.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out at the experimental site of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) at Tizimín, Yucatán, México (21° 04' 27" N, 89° 31' 12 W), and lasted 10 months (February to December 2011).

viable de alimento para rumiantes. Así, una variedad de opciones de forraje usando pastos mejorados puede suministrar volúmenes grandes de biomasa de calidad aceptable en la ganadería tropical (Argel, 2006; Sánchez *et al.*, 2008). Sin embargo, debido a que el forraje utilizado es generalmente naturalizado, hay factores limitantes como la estacionalidad marcada de la disponibilidad (Lamela *et al.*, 2005) y la variación del valor nutricional (dos Santos *et al.*, 2001; Araya y Boschini, 2005).

El género *Pennisetum* se usa en los trópicos (Aguado-Santacruz *et al.*, 2004) y en todo el mundo (Anderson *et al.*, 2008), principalmente debido a los rendimientos altos de forraje de los clones desarrollados de *P. purpureum* (Febles *et al.*, 2007). Araya y Boshini (2005) obtuvieron niveles altos de materia seca (MS) con clones de King Grass y Taiwán a los 112 y 140 d de los ciclos de corte. Chacón-Hernández y Vargas-Rodríguez (2010) reportaron contenido bajo de proteína en este cultivo, con ciclos de cosecha mayores a 60 d debido a la disminución de la relación hoja/tallo. Lounglawan *et al.* (2014) señalaron que el corte del pasto King Napier en períodos de 45 a 60 d produce más MS que el corte a los 30 d.

Sin embargo, con la eficiencia reconocida de esta especie, no hay prueba concluyente respecto a cómo la estacionalidad y el uso de la fertilización podrían influir en el crecimiento de *P. purpureum* en las regiones neotropicales. Por ejemplo, variedades de *P. purpureum* producen resultados divergentes contenido de proteína cruda (Márquez *et al.*, 2007) y la producción de MS cuando se usan fertilizantes nitrogenados (Cerdas y Vallejos 2010; Osorio y Rodríguez, 2010; Ramos-Trejo *et al.*, 2013). Es posible que si se evalúan los efectos estacionales en *P. purpureum*, los datos de rendimiento del cultivo podrían definirse mejor.

Con base en esta evidencia, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la temporada y la dosis de los fertilizantes en el rendimiento y calidad de cuatro variedades de *P. purpureum* (individuales y asociadas) en la región oriente de Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el centro experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Tizimín, Yucatán, México (21° 04' 27" N, 89° 31' 12 O), y duró 10 meses (de febrero a diciembre del 2011).

Climate of this zone is Awl climate (according to Köppen classification) (García, 1981) with mean annual precipitation of 1200 mm, 75 % of which is concentrated between June and October. The annual mean temperature is 27 °C, the warmest (maximum 39 °C, minimum 21.5 °C) and the coldest months (maximum 28.5 °C, minimum 17.3 °C) are May and December. Relative humidity varies between 68.5 % in April to 86.3 % in September. The predominant soil type in this zone is Litosol with a pH from 7 to 7.3, and with an average fertility between 1.5 and 1.9 % of organic carbon. Also, the depth of soil layer is slight with abundant rocks and lands of relatively low fertility.

The experimental design was completely randomized with a factorial arrangement of 5×2×2 (20 treatments) and four replications per treatment. Four varieties (first factor) of *P. purpureum* were evaluated: Taiwan, Maralfalfa, OM-22, and CT-115; the fifth option was a mixed scheme of the four grasses in alternate order and equal proportions. The second factor was the two seasons of the year (rain and dry). The third factor was fertilization with a dosage of 0 (control) and 200-60-00 (200 kg N ha⁻¹ and 60 kg P ha⁻¹), divided into applications every 90 d.

The soil is a Cambisol (FAO) or Kancab (Mayan name) with a sandy/clay-like texture, pH 6.5, and 3.5 % organic matter. The water for irrigation was salt free and as such was suitable for irrigation of grasses.

Sowing was done with vegetative material and 20 cm sticks with two knots in 10 cm deep furrows. In addition, the sowing arrangement was of 0.35 m between plants and 1 m between rows with an East-West orientation, for better sunlight exposure. Each plot consisted of six rows of 4 m length resulting in a total of 20 m², of which 12 m² were considered to be usable plots. The first fertilization was done on March (uniformity cut) and then, every 90 d using urea and 18-46-00 (18 kg N ha⁻¹ and 60 kg P ha⁻¹) of diammonium phosphate. After each application of P and N, sprinkler irrigation was applied. As well as this, bimonthly weeding and extra water aspersion were carried out twice a week during the dry months. No evidences of pests or diseases were observed.

Cutting was total, removing almost all the foliar biomass (>95 % of foliage), and this labor was performed twice in the dry season and twice in the rainy season, as recommended by Solorio and Solorio (2002). In each cut, the forage yield was quantified (t DM ha⁻¹), taking foliage samples of approximately 300 g. Later, the stalk and leaf were separated and dried at 60 °C in a forced circulation evaporator, until a constant weight was achieved. Dry matter yield (t DM ha⁻¹), dry protein (DP) measured by Kjendall method, leaf/stem ratio, stalks per cluster and height of plant were the variables evaluated.

The dasometric measurements and the yield components at harvest were compared through an ANOVA for repeated

El clima de esta zona es Awl (según la clasificación de Köppen) (García, 1981), con precipitación media anual de 1200 mm, de las cuales 75 % se concentra entre junio y octubre. La temperatura promedio anual es 27 °C, y los meses más cálidos (máximo 39 °C, mínima 21.5 °C) y más fríos (máximo 28.5 °C y mínima 17.3 °C) son mayo y diciembre. La humedad relativa varía de entre 68.5 % en abril a 86.3 % en septiembre. El tipo de suelo predominante en esta zona es Litosol con pH de 7 a 7.3, y con fertilidad promedio de 1.5 a 1.9 % de carbono orgánico. Además, la profundidad de la capa de suelo es pequeña, con rocas abundantes y tierras relativamente poco fértiles.

El diseño experimental fue completamente al azar con un arreglo factorial de 5×2×2 (20 tratamientos) y cuatro repeticiones por tratamiento. Cuatro variedades (primer factor) de *P. purpureum* fueron evaluados: Taiwán, Maralfalfa, OM-22 y CT-115; el quinto tratamiento fue un esquema mixto de cuatro pastos en orden alternado y proporciones iguales. El segundo factor fue las dos estaciones del año (lluviosa y seca). El tercer factor fue la fertilización: 0 (testigo) y 200-60-00 (200 kg N ha⁻¹ y 60 kg P ha⁻¹) divididas en aplicaciones cada 90 d.

El suelo es un Cambisol (FAO) o Kancab (nombre maya) con textura arenosa/arcillosa, pH 6.5, y 3.5 % materia orgánica. El agua usada para el riego no tenía sal y, como tal, era apta para el riego de los pastos.

La siembra se realizó con material vegetativo y con dos nudos de 20 cm de grosor en surcos con profundidad de 10 cm. Además, el arreglo de la siembra fue de 0.35 m entre plantas y 1 m entre hileras con una orientación este-oeste, para mejor exposición al sol. Cada parcela tuvo seis surcos de 4 m de longitud que resultaron en un total de 20 m², de los cuales 12 m² fueron considerados surcos utilizables. La primera fertilización fue en marzo (corte de uniformidad) y luego cada 90 d usando urea y 18-46-00 (18 kg N ha⁻¹ y 60 kg P ha⁻¹) de fosfato diamónico. Después de cada aplicación de P y N, se aplicó riego por aspersion. Además, el deshierbe bimestral y aspersion de agua adicional se realizaron dos veces a la semana durante los meses secos. No hubo evidencias de plagas o enfermedades.

El corte fue total, eliminando casi toda la biomasa foliar (>95 % de follaje), y esto se hizo; dos veces en la estación seca y dos veces en la temporada de lluvias, como lo recomendó Solorio y Solorio (2002). En cada corte, el rendimiento de forraje fue cuantificado (t MS ha⁻¹), con la toma de muestras foliares de unos 300 g. Después, el tallo y hoja fueron separados y secados a 60 °C en un evaporador de circulación forzada, hasta alcanzar peso constante. Las variables evaluadas fueron el rendimiento de MS (t MS ha⁻¹), proteína seca (PS) medida con el método de Kjendall, la relación hoja/tallo, los tallos por macollo y la altura de la planta.

Las mediciones dasométricas y los componentes del rendimiento en la cosecha se compararon mediante un ODEVA de

measurements using the Statgraphics® for Windows 5.1. When significant differences were noted, comparison of means Tukey's test was applied ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

A mean value of 36 t DM ha⁻¹ corresponded to rainy season, it contrasted with the mean value of 28 t DM ha⁻¹ for dry season, which was 29 % less than the first one. Also, biomass production was ~35 t DM ha⁻¹ with application of fertilizer (200-60-00; 200 kg N ha⁻¹ and 60 kg P ha⁻¹) (Table 1). This data represents an improvement of 21 % in production per hectare, in comparison with the control without fertilizer (29 t DM ha⁻¹) ($p \leq 0.05$).

Results of this research represent a complement of those obtained by Ramos-Trejo *et al.* (2013), they assessed the production of three varieties of *P. purpureum* with two different sources of N in Eastern Yucatan, Mexico, and they concluded that fertilization improved the yield of two of three varieties evaluated, but without knowing if the seasonal variation could influence the results.

Yield is important since in tropical crops, like *P. purpureum*, forage quality diminishes during the dry season, but it increases on the rainy season forage increases quality (Ansah *et al.*, 2010; Osorio and Rodríguez, 2010).

Our results showed that N fertilizer increased DM of *P. purpureum* more than in others, studies.

Table 1. Effect of season and fertilization on yields (t DM ha⁻¹) of four varieties of Pennisetum purpureum and a mixture of them.

Cuadro 1. Efecto de la temporada y la fertilización en el rendimiento (t MS ha⁻¹) de cuatro variedades de Pennisetum purpureum y una mezcla de ellos.

Variety	Season		Fertilization	
	Dry	Rainy	Without	With
Taiwan	23.56a	27.64a	22.30a	28.89a
Maralfalfa	31.46bc	41.08b	32.88b	39.66c
OM-22	29.09b	39.11b	29.99b	38.22c
CT-115	27.68b	35.59b	29.28b	33.99b
Mixture	28.85b	37.74b	30.99b	35.60b
Mean	28.12	36.23	29.08	35.27

Values whit different letter in a column are statistically different ($p < 0.05$) ♦ Valores con letra distinta en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

mediciones repetidas usando Statgraphics® para Windows 5.1. Cuando hubo diferencias significativas, se usó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un valor medio de 36 t MS ha⁻¹ correspondió a la temporada de lluvias, que contrastó con el valor medio de 28 t MS ha⁻¹ de la estación seca, que fue 29 % menos que la primera. Además, la producción de biomasa fue ~35 t MS ha⁻¹ con aplicación de fertilizante (200-60-00; 200 kg N ha⁻¹ y 60 kg P ha⁻¹) (Cuadro 1). Este dato representa una mejora de 21 % de la producción por hectárea, comparado con el tesigo sin fertilizante (29 t MS ha⁻¹) ($p \leq 0.05$).

Los resultados de esta investigación representan un complemento a los obtenidos por Ramos-Trejo *et al.* (2013), ellos evaluaron la producción de tres variedades de *P. purpureum* con dos fuentes diferentes de N en el oriente de Yucatán, México, y concluyeron que la fertilización mejoró el rendimiento de dos de las tres variedades evaluadas, pero sin saber si la variación estacional podría influir en los resultados.

El rendimiento es importante porque en cultivos tropicales, como *P. purpureum*, la calidad del forraje disminuye durante la estación seca, pero aumenta en la estación lluviosa (Ansah *et al.*, 2010; Osorio y Rodríguez, 2010). Nuestros resultados mostraron que la fertilización nitrogenada incrementó la MS de *P. purpureum* más que en otros estudios. Así Cerdas y Vallejos (2010) encontraron un rendimiento promedio inferior (13.5 t MS ha⁻¹) de *P. purpureum* var. Camerún al aplicar entre 300 kg y 450 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ en la región seca de Costa Rica, mientras que Faría *et al.* (1997) reportaron una media de 18 t MS ha⁻¹ de *P. purpureum* cv. N-75 Mott, fertilizado con 300 kg N ha⁻¹ año⁻¹, en una región de América del Sur. Ramos-Trejo *et al.* (2013) observaron un rendimiento promedio de 20.94 t MS ha⁻¹ por corte al aplicar 300 kg de N (urea) ha⁻¹ año⁻¹ en la OM-22, CT-115 y King Grass.

Una explicación de la discrepancia entre esas y la investigación presente estaría relacionada con las condiciones climáticas distintas durante los estudios. Matías y Ritt (1988) argumentaron que la temperatura ambiental, como resultado de la radiación solar, tiene una función importante en la interacción del clima-vegetación, tanto como la calidad del suelo. Así, será necesario evaluar los efectos de la temperatura y

Thus, Cerdas and Vallejos (2010) found a lower average yield (13.5 t DM ha⁻¹) of *P. purpureum* var. Cameroon when applying between 300 kg and 450 kg of N ha⁻¹ year⁻¹ in the dry region of Costa Rica, whereas Faría *et al.* (1997) reportaron a mean of 18 t DM ha⁻¹ of *P. purpureum* cv. N-75 Mott, fertilized with 300 kg N ha⁻¹ year⁻¹, in a South American region. Ramos-Trejo *et al.* (2013) presented a mean yield of 20.94 t DM ha⁻¹ cut⁻¹ when applying 300 kg of N (urea) ha⁻¹ year⁻¹ on OM-22, CT-115 and King Grass.

An explanation of the discrepancy between these and the present research could be related to different climatic conditions during the studies. Matías and Ritt (1988) argued that environmental temperature, as result of solar irradiance, plays an important role in the interaction of climate - vegetation, as much as soil quality. Therefore, it will be necessary to evaluate the temperature and solar radiation (photosynthetic activity) effects and fertilizer amount on crops.

Espinosa *et al.* (2001) indicated another possible reason for the variability of results; they suggested that the differences in forage quality among varieties could be attributed to intrinsic factors. In fact, Wanjala *et al.* (2013) showed through genetic of population studies that cultivars of *Pennisetum* have a moderate genetic variability, existing information is scarce and cannot be relied upon for crop improvement. Nevertheless, under fertilization, Maralfalfa and OM-22 (200-60-00) presented high yield (39 and 38 t DM ha⁻¹), compared with the other crops evaluated (28 to 33 t DM ha⁻¹) ($p \leq 0.05$) (Table 1). Ramos-Trejo *et al.* (2013) indicated that OM-22 and King Grass varieties reached the highest yield of forage when were evaluated in Eastern region of Yucatán state.

For individual yield evaluation by season, Maralfalfa presented improved productive behavior (t DM ha⁻¹), in the dry season (31.46) and rainy (41.08), followed by OM-22 (with 29 and 39, respectively), the Mixture (with 28 and 37, respectively), CT-115 (with 27 and 35, respectively) and finally Taiwan (with 23 and 27, respectively) ($p \leq 0.05$) (Table 1).

In the global assessment of interactions of factors, the best mean value of the forage production of all varieties corresponded to rainy season with nitrogen fertilization (39.34 t DM ha⁻¹ cut⁻¹) ($p \leq 0.05$) (Table 2). This value also represented an increase of 25 % with respect to dry season (N fertilization,

la radiación solar (actividad fotosintética) y la cantidad de fertilizante en los cultivos.

Espinosa *et al.* (2001) indicaron otra razón posible para la variabilidad de los resultados, y sugirieron que las diferencias en la calidad del forraje entre las variedades podrían atribuirse a factores intrínsecos. De hecho, Wanjala *et al.* (2013) mostraron mediante estudios de genética de población que los cultivares de *Pennisetum* tienen variabilidad genética moderada, la información existente es escasa, y no pueden ser confiables para el mejoramiento de los cultivos. No obstante, con fertilización, Maralfalfa y OM-22 (200-60-00) presentaron rendimiento alto (39 y 38 t MS ha⁻¹), comparados con los otros cultivos evaluados (de 28 a 33 t MS ha⁻¹) ($p \leq 0.05$) (Cuadro 1). Ramos-Trejo *et al.* (2013) indicaron que OM-22 y las variedades King Grass tuvieron el rendimiento mayor de forraje al ser evaluados en la región oriente del estado de Yucatán.

Para la evaluación del rendimiento individual por temporada, Maralfalfa presentó comportamiento productivo mejorado (t MS ha⁻¹), en la temporada seca (31.46) y lluviosa (41.08), seguido por OM-22 (con 29 y 39, respectivamente), la mezcla (con valores de 28 y 37, respectivamente), CT-115 (con 27 y 35, respectivamente) y, por último Taiwán (23 y 27, respectivamente) ($p \leq 0.05$) (Cuadro 1).

En la evaluación global de las interacciones de los factores, el mejor valor promedio de la producción de forraje de todas las variedades correspondió a la temporada de lluvias con fertilización nitrogenada (39.34 t MS ha⁻¹ por corte) ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2). Este representó un aumento de 25% respecto a la temporada seca (fertilización con N, 31.48, t MS ha⁻¹ por corte), y es un aumento evidente de la producción de forraje debido a la temporada a través de todas las variedades. Del mismo modo, en la evaluación de los cultivos sin fertilización, en la temporada de lluvias, la media de los rendimientos fue significativamente mayor (33.13 t MS ha⁻¹ por corte) que el valor de la estación seca (25.12 t MS ha⁻¹ por corte) ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2).

Estos resultados son congruentes con la explicación de Bade *et al.* (1985); ellos señalaron que la humedad baja en el suelo afecta el rendimiento del cultivo debido a su efecto sobre los aspectos bioquímicos de la fotosíntesis de la planta (Sanderson *et al.*, 1997). También, Deresz (2001) argumentó que en varias regiones aproximadamente 70 a 80 % de la

Table 2. Interaction of factors A × B × C (variety, season and fertilization) on yield (t DM ha⁻¹ cut⁻¹) of four varieties of *Pennisetum purpureum*, and a mixture of the varieties.
Cuadro 2. Interacción de factores A x B x C (variedad, estación y fertilización) en el rendimiento (t MS ha⁻¹ por corte) de cuatro variedades de *Pennisetum purpureum* y una mezcla de las variedades.

Variety	Rain without fertilizer	Rain with 200 kg N-60 kg P	Dry without fertilizer	Dry with 200 kg N-60 kg P	Mean
Taiwán	24.90a	30.41a	19.75a	27.40a	25.61
Maralfalfa	37.25a	44.93c	28.60c	34.53c	36.32
OM-22	34.30ba	43.90bc	25.55bc	32.61bc	34.09
CT-115	33.20b	38.03b	25.61b	30.03b	31.71
Mixture	36.0b	39.50b	26.15b	32.90b	33.63
Mean	33.13	39.34	25.12	31.48	

Values with different letter in a column are statistically different ($p \leq 0.05$) ♦ Valores con letra diferente en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$).

31.48, t DM ha⁻¹ cut⁻¹), and it is an evident increase in forage production due to season through all varieties. Likewise, in the evaluation of crops without fertilization in the rainy season, mean of yields was significantly higher (33.13 t DM ha⁻¹ cut⁻¹), than the value of the dry season (25.12 t DM ha⁻¹ cut⁻¹) ($p \leq 0.05$) (Table 2).

These results are congruent with the explanation of Bade *et al.* (1985); they stated that low soil humidity affects crop yield due to its effect on biochemical aspects of the plant's photosynthetic process (Sanderson *et al.*, 1997). Also, Deresz (2001) argued that in several regions approximately 70-80 % of production of *P. purpureum* is concentrated in rainy season. These effects of season are attributed to scarce precipitations and temperatures of winter.

For the evaluation of individual interaction of the A x B x C factor, the two fertilized varieties with best response in the rainy season and application of fertilizers were Maralfalfa with 44.93 t DM ha⁻¹ cut⁻¹ and the OM-22 with 43.90 t DM ha⁻¹ cut⁻¹.

The mean value (season × fertilizer) of the forage yield (t DM ha⁻¹ cut⁻¹) was superior in the Maralfalfa variety (36.32) it was followed by OM-22 (34.09), Mixture (33.63), CT-115 (31.71), and Taiwan (25.61) ($p \leq 0.05$) (Table 2). The highest forage yield observed in this study for Maralfalfa was possibly due to the interaction of the nutritional elements applied to the crop (N and P) and the humidity conditions produced by the rainy season, without excluding genetic variation of cultivars.

As it was already said, the influence of precipitation is considered the most important climate factor in

producción de *P. purpureum* se concentra en la temporada de lluvias. Estos efectos de la temporada son atribuidas a la escasez de precipitaciones y las temperaturas de invierno.

Para la evaluación de la interacción individual del factor A x B x C, las dos variedades fertilizadas con respuesta mejor en la temporada de lluvias y la aplicación de fertilizantes fueron Maralfalfa con 44.93 t MS ha⁻¹ por corte y OM-22 con 43.90 t MS ha⁻¹ por corte.

El valor medio (temporada × fertilizante) del rendimiento de forraje (t MS ha⁻¹ por corte) fue superior en la variedad Maralfalfa (36.32) seguida por OM-22 (34.09), la mezcla (33.63), CT-115 (31.71), y Taiwán (25.61) ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2). El rendimiento mayor de forraje de Maralfalfa observado en este estudio fue debido posiblemente a la interacción de los elementos nutricionales aplicados al cultivo (N y P) y las condiciones de humedad producidas por la temporada de lluvias, sin excluir la variación genética de los cultivares.

Como se mencionó, la influencia de la precipitación se consideró el factor climático más importante en términos del crecimiento y la calidad del pasto. Así, en muestreo estudio, el análisis de suelo mostró evidencia óptima de N (datos no mostrados). Sin embargo, las mediciones pluviales no se contemplaron dentro de los objetivos de este estudio y para otros estudios nosotros recomendamos mantener un registro de la precipitación y humedad del suelo.

En términos de dasimetría, los resultados fueron variables para los cultivares, es decir, la variedad OM-22 presentó relación hoja/tallo significativamente mayor

terms of growth and quality of grass. Thus, in our study, the soil analysis showed optimal evidence of N (data not shown). However, the pluvial measurements were not contemplated within the objectives of this study and for further studies we recommend keeping a record of the precipitation and soil humidity.

In terms of dasometry, results were variable for cultivars of the study: *i.e.* the OM-22 variety presented a significantly higher leaf/stem ratio ($p \leq 0.05$) in comparison with the other treatments (38 % in contrast to 33 %). The clone CT-115 had an average of 37 stalks per cluster and was significantly better ($p \leq 0.05$) than the other cultivars (mean of 31 stalks per cluster). Similar data for both dasometric values were found by Ramos-Trejo *et al.* (2013) using OM-22 and CT-115 varieties, fertilized each one with two different N sources. The OM-22 clone and Maralfalfa presented improved plant height ($p \leq 0.05$) in comparison with the other treatments (233 or 214 cm).

CONCLUSIONS

In humid conditions of the eastern region of Yucatán State, and with soil fertilized with N and P, mean values of DM of all treatments in rainy season were better than that one's of dry season. Similarly, DM in treatments with fertilizer was higher than the control without fertilizer. In assessment of interaction factors the highest mean value corresponded to treatment during raining season and fertilization and to Maralfalfa and OM-22 for individual evaluation, among the other cultivars.

LITERATURE CITED

- Aguado-Santacruz, G. A., Q. Rascón-Cruz, J. L. Pons-Hernández, O. Grageda-Cabrera, y E. García-Moya. 2004. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. *Téc. Pec. Méx.* 42: 261-276.
- Anderson, W. F., B. S. Dien, S. K. Brandon, and J. D. Peterson. 2008. Assessment of Bermuda grass and bunch grasses as feed stocks for conversion to ethanol. *Appl. Biochem. Biotech.* 145: 13-21.
- Ansah, T., E. L. K. Osafo, and H. H. Hansen. 2010. Herbage yield and chemical composition of four varieties of Napier (*Pennisetum purpureum*) grass harvested at three different days after planting. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1: 923-929.
- Araya, M., y C. Boschini. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de tres variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 16: 37-43.

($p \leq 0.05$) que los otros tratamientos (38 % en contraste con 33 %). El clon CT-115 tuvo un promedio de 37 racimos por macollo y fue significativamente mejor ($p \leq 0.05$) que los otros cultivares (media de 31 racimos por macollo). Datos similares para ambos valores dasométricos fueron obtenidos por Ramos-Trejo *et al.* (2013) con las variedades OM-22 y CT-115, fertilizadas cada una con dos fuentes de N diferentes. El clon OM-22 y Maralfalfa presentaron altura mayor de la planta ($p \leq 0.05$) en comparación con los otros tratamientos (33 o 214 cm).

CONCLUSIONES

En las condiciones húmedas de la región oriental del estado de Yucatán, y con suelo fertilizado con N y P, los valores promedio de MS de todos los tratamientos en temporada de lluvias fueron mejores que los de la temporada seca. Asimismo, la MS en los tratamientos con fertilizantes fue mayor que el testigo sin fertilizante. En la evaluación de los factores de interacción, el valor promedio mayor correspondió al tratamiento durante la temporada de lluvias y la fertilización y Maralfalfa y OM-22 para la evaluación individual, entre los otros cultivares.

—Fin de la versión en español—

-----*-----

- Argel, P. J. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14: 65-72.
- Bade, D. H., B. E. Conrad, and E. C. Holt. 1985. Temperature and water stress effects on growth of tropical grasses. *J. Range Manage.* 38: 321-324.
- Cerdas, R., y E. Vallejos. 2010. Productividad del pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en la zona seca de Costa Rica. *InterSedes* 11: 180-195.
- Chacón-Hernández, P. A., y C. F. Vargas-Rodríguez. 2010. Consumo de *Pennisetum purpureum* CV. King Grass a tres edades de cosecha en caprinos. *Agron. Mesoam.* 21: 267-274.
- Cino, D. M., y A. Díaz. 2010. Leguminosas herbáceas para la preceba bovina en pastoreo: indicadores económicos y financieros. *Rev. Cuba. Cienc. Agric.* 44: 9-12.
- dos Santos, E. A., D. Soares da Silva, and J. Leite de Queiroz Filho. 2010. Aspectos produtivos do Capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumm.) cv. Roxo no Brejo Praibano. *Rev. Bras. Zootec.* 30:31-36.

- Faría J. R., B. González, y J. Faría Mármol. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada sobre el rendimiento total y distribución en hoja, tallo y material muerto de la materia seca del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Rev. Fac. Agron. LUZ 14: 417-425.
- Espinosa, F., P. Argenti, J. L. Gil, L. León, y E. Perdomo. 2001. Evaluación del pasto King grass (*Pennisetum purpureum* cv. King grass) en asociación con leguminosas forrajeras. Zootecnia Trop. 19: 59-71.
- Febles, G., X. Suárez, R. S. Herrera, y R. O. Martínez. 2007. Caracterización botánica de clones de King grass (*Pennisetum purpureum*). Empleo de descriptores morfológicos. Rev. Cuba. Cienc. Agric. 41: 385-390.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México, D.F. 246 p.
- Lamela, L., E. Castillo, J. Iglesias, y A. Pérez. 2005. Principales avances de la introducción de los sistemas silvopastoriles en las condiciones de producción en Cuba. Pastos y Forrajes 28: 47-58.
- Lounglawan, P., W. Lounglawan, and W. Suksombat. 2014. Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*). APCBEE Procedia 8: 27-31.
- Márquez F., J. Sánchez, D. Urbano, y C. Dávila. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. Zootecnia Trop. 25: 253-259.
- Matías, C., y S. Ritt. 1988. Influencia de dos zonas edafoclimáticas diferentes en el potencial de producción de semilla de cinco cultivares de guinea (*Panicum maxicum* Jacq.). Pastos y Forrajes 11: 143-150.
- Montenegro, J., y S. Abarca. 2002. Los sistemas silvopastoriles y el calentamiento global: un balance de emisiones. Agron. Costarricense 26: 17-24.
- Osorio, W. A., y J. C. Rodríguez. 2010. Efecto de fertilización y frecuencia de corte en la digestibilidad y contenido de fibra de *Pennisetum purpureum*. Tierra Trop. 6: 55-61.
- Ramos-Trejo, O. S., J. Canul-Solís, y F. Duarte-Vera. 2013. Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México. Biociencias 2: 60-68.
- Sánchez, T., E. R. Ørskov, L. Lamela, R. Pedraza, y O. López. 2008. Valor nutritivo de los componentes forrajeros de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala*. Pastos y Forrajes 31: 271-281.
- Sanderson, M. A., D. W. Stair, and M. A. Hussey. 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. Adv. Agron. 59: 171-224.
- Solorio, F. J., and S. B. Solorio. 2002. Integrating fodder trees in to animal production system in the tropics. Trop. Subtrop. Agroecosyst. 1: 1-11.