

ORIGINAL

Growth analysis of (*Panicum maximum* Jacq.) Cv. Mombasa

Análisis de crecimiento de Pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombasa

María Velasco Z¹ Ph.D; Alfonso Hernández G² Ph.D; Humberto Vaquera H² Ph.D;
Jaime Martínez T^{2,3} Ph.D; Patricia Hernández S¹ MC; Juan Aguirre M^{3*} Ph.D.

¹Universidad Autónoma de Chiapas Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus II, Rancho San Francisco, Km 8.0 carretera Terán a Ejido Emiliano Zapata. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Colegio de Postgraduados. Programa de Ganadería. Km 36.5 Carretera México, Texcoco, Montecillo, Estado de México. México.³Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV, Ganadería Tropical Sustentable. Entronque Carretera Costera-Pueblo, Huehuetán, Chiapas, México,

*Correspondence: juanf56@prodigy.net.mx

Received: February 2018; Accepted: June 2018.

ABSTRACT

Objective. To evaluate Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cv Mombasa not only dynamic growing and cumulative fodder but also determining its optimal period for harvesting. **Materials and methods.** Under a five-repetition random design, we assessed eight treatments that consisted in successive cuttings every ten days during seasonal time. At the beginning of each season, we divided the land by quadrants (0.64 m²) so that we could perform a uniformity cutting size of 5 cm height at ground level. Assessments in plant height, cumulative forage, botanical and morphological composition, growth rate (GR), leaf area ratio; and rations in leaf:stem and leaf:no leaf were carried out. Additionally, we analyzed data by means of SAS with MIXED and GLM procedures. **Results.** Cumulative forage was advanced in summer and spring ($p \leq 0.05$). Both forage yielding and GR increased gradually until leaves' growth stabilized; so subsequent increments in forage were due to an increased amount in stem and dead material, just when GR declined. Growth rate was greater in summer (127 kg DM ha⁻¹ d⁻¹) exceeded GR, spring, autumn and winter by 26, 44 and 75 %) **Conclusions.** Results have suggested that an optimal handling of cv. Mombasa and a maximum production of its forage in the state of Chiapas could be obtained if it is harvested every 40, 50, 40 and 30 days during spring, summer, autumn and winter, respectively.

Keywords: Seasonal growth; growth rate; and leaf area ratio (*Source: CAB*).

RESUMEN

Objetivo. Evaluar la dinámica de crecimiento y acumulación de forraje del pasto guinea (*P. maximum* Jacq.) cv. Mombasa, y definir el momento óptimo de cosecha. **Materiales y métodos.** Se evaluaron ocho tratamientos, que consistieron en cortes de forraje cada 10 días, durante las cuatro estaciones del año, bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. Al inicio de cada estación se realizó corte de uniformidad a 5 cm de altura, y se utilizaron cuadrantes (0.64 m²), para cortar el forraje a ras de suelo. Se evaluó altura de planta, acumulación de forraje, tasa de crecimiento (TC), índice de área foliar, relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja, composición botánica y morfológica. Los datos se analizaron mediante Mixed y GLM de SAS. **Resultados.** La acumulación de forraje fue mayor en verano y primavera ($p \leq 0.05$). La acumulación de forraje y la TC incrementaron progresivamente hasta que el crecimiento de las hojas se estabilizó. Los incrementos posteriores de forraje se debieron al aumento de tallos y

material muerto cuando la TC declinó. En verano la TC ($127 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{d}^{-1}$) superó en 26, 44 y 75% las TC de primavera, otoño e invierno. **Conclusiones.** De acuerdo con los resultados (estudios realizados), se sugiere que, en esta región del Estado de Chiapas, el manejo óptimo del cv. Mombasa y su mayor producción de forraje, se obtiene al cosechar cada 40, 50, 40 y 30 días en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente.

Palabras clave: Crecimiento estacional; índice de crecimiento; índice de área foliar (*Fuente: CAB*).

INTRODUCTION

Growing and differences from both seasonal and annual yielding in guinea grass morphological-physiological components are functions of climate conditions, soil fertility, and management practices (1).

Its utilization relies on the proportion of leaves, stems and roots resulted in genotype-environment interaction; these components led to forage maximum capacity (2). In this case, knowing the influence of environmental seasonality in forage production and growth from these species of interest, has allowed us to identify forage distribution, and therefore, to take on some differential management practices for each species (3,4).

We have conducted species growth trials based on leaf biomass, leaf area ratio (LAR), height and light interception (5) to accomplish the maximum sustainable production in prairies. Yet, its management is seen as a main obstacle (5,6).

Due to a lack of sustained nutritional practices, seasonal distribution of precipitation and high temperatures, there are low levels of livestock production within the tropics. These factors limited its productivity and induced changes in dry-matter (DM) allocation on plant components and yielding, as often happens towards the end of rainy season, in which you can see there is a great growth of reproductive stems, leaf abscission and presence of unwanted plants (7).

In the light of this situation and for not using appropriate management practices on prairies, livestock still remains 84% in Chiapas, region in southeastern Mexico (7). But when trying to find other alternatives that could make biomass quality and quantity better within this ecosystem, the National Agricultural Research Centre (CNPQ), Brazil (9) introduced *P. maximum* Jacq. cv *Mombasa*, in 1993. Regardless of the nutritional quality and significant potential for production ($22.45\text{--}33 \text{ t ha}^{-1}$), its yielding had decreased with evidence of deterioration after six years of being in South and Central America (5), and in the central region of Chiapas. Hence, the focus of this work was to know Mombasa grass dynamic growth in order to determine its optimum physiological management if it is harvested at different seasons.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y diferencias en rendimiento estacional y anual de los componentes morfológicos y fisiológicos en el pasto son función directa de las condiciones climáticas, la fertilidad del suelo y las prácticas de manejo (1).

Su aprovechamiento depende de la proporción de hojas, tallos y raíces que se generan por la interacción genotipo-ambiente; estos componentes dan como resultado el rendimiento de forraje (2). El conocimiento de la influencia de la estacionalidad ambiental en el crecimiento y producción de forraje de especies de interés, permite identificar la disponibilidad de forraje y, en consecuencia, adoptar estrategias de manejo diferencial para cada especie (3,4).

En la búsqueda para lograr la máxima producción sostenida de las praderas, se ha abordado el estudio del crecimiento de las especies en base a la biomasa de las hojas, el índice de área foliar (IAF), la altura e interceptación de luz (5). Sin embargo, su manejo, se mantiene como la principal limitante (5,6).

En los trópicos existen bajos índices de producción animal, ocasionados por la ausencia de prácticas de nutrición sustentables, la distribución estacional de la precipitación y elevadas temperaturas. Estos factores limitan su productividad e inducen cambios en la asignación de materia seca (MS) en los componentes de la planta y en el rendimiento, como sucede al final de la temporada de lluvias en la que se observa mayor desarrollo de tallos reproductivos. Además, se incrementa la abscisión de estructuras, especialmente de hojas y la presencia de plantas no deseables (7).

En la situación descrita y sin la aplicación de prácticas de manejo adecuadas en las praderas, se mantiene el 84% del ganado bovino en el estado de Chiapas, en la región Sureste de México (7) y en la búsqueda de alternativas para mejorar la cantidad y calidad de la biomasa en este ecosistema, se introdujo en la región *P. máximo* Jacq. cv *Mombasa* liberado en 1993 por el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPQ), Brasil (9). Sin embargo, a pesar de su calidad nutritiva, y notable potencial de

MATERIALS AND METHODS

Location of study site and ambient. This trial, which begun in 2011, was carried out in "La Terna", a dairy producing farm. It is located in km 6.5 of the road to Terán-Ejido Emiliano Zapata, in the municipality of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 16° 44' N and 93° 16' W at 550 m altitude. The climate is A_w , which corresponds to the warm subtropical with rainfalls in summer, an average annual precipitation of 948 mm distributed through June to November and an average annual temperature of 24°C. As the soil is vertisol with calcareous origin (8), we took a sample from 0 to 20 cm in depth just to know how fertile this land was. Its physical-chemical analysis showed: clayey texture, pH of 7.7, 4.3% from organic matter, 0.21% of N, 15 mg kg⁻¹ of P, 75, 58, 7.7 and 0.7 cm kg⁻¹ of cation exchange capacity, and calcium, magnesium, and phosphorous respectively exchangeable.

Prairies establishment. Back in June 2005, we cultivate 6 kg of *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombasa seed (ha⁻¹) in furrows separated to 70 cm in a prairie of 15 hectares. When seedlings burst out, we had to adjust the population at a distance of 50 cm between plants and utilized a mechanized cutting at 20 cm height from the start. In early summer, the land was fertilized with 50 kg of N ha⁻¹ (46% of urea N) and irrigated every two or three weeks during spring, as it occasionally happens at the farm.

Experimental plots. With the purpose of performing eight forage cuttings, we parcel up the land into 40 plots of 9 m² each. In every season, we began these trials with a uniformity cutting of 5 cm.

Treatments and experimental design. In each season, we evaluate Mombasa grass growing period at 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 and 80 days of age. Said treatments were allocated in a completely random design with five-repetition. The sampling unit was in a quadrant of 0.80 x 0.80 m placed randomly inside the plots where forage was cut off at ground level. When we were done with the uniformity cutting, there were five randomly sampling quadrants that demarcated those plots only to delineate first forage.

Parameters for growth. With previous periodic samples, we determined the following:

We got forage total yielding per hectare by adding components of dry weight and the rest of the sample. To do so, we placed some vegetative matter on a stove with forced air convection (Sheldon, VWR 1390FM, USA) at 80°C, for 72 hours.

producción (22.45–33 t ha⁻¹) consignado en Centro y Suramérica (5), en la región central de Chiapas, su rendimiento ha disminuido con evidencias de degradación después de seis años de establecido. El objetivo del presente estudio fue conocer la dinámica de crecimiento del pasto Mombasa para definir su manejo fisiológico óptimo de cosecha en las diferentes estaciones del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del sitio de estudio y su ambiente.

El estudio se realizó durante 2011, en el rancho "La Terna" dedicado a la producción de leche, se ubica en el km 6.5 de la carretera Terán-Ejido Emiliano Zapata, municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, a 16°44' N y 93°16' O, y una altitud de 550 m. El clima es A_w , el cual corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación media anual de 948 mm distribuida de junio a noviembre y temperatura media anual de 24°C. El suelo predominante en el área del rancho, es un Vertisol de origen calcáreo (8), por lo que fue necesario conocer su fertilidad. Se efectuó un muestreo de 0 a 20 cm de profundidad y el análisis físicoquímico presentó: textura arcillosa, pH de 7.7, 4.3% de materia orgánica, 0.21% de N, 15 mg kg⁻¹ de P, 75, 58, 7.7 y 0.7 cm kg⁻¹ suelo de capacidad de intercambio catiónico, calcio, magnesio y potasio intercambiable, respectivamente.

Establecimiento de la pradera. La pradera de 15 ha de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombasa, fue sembrada en junio de 2005 con 6 kg de semilla ha⁻¹ en surcos separados a 70 cm, al emerger las plántulas se ajustó la población a una distancia de 50 cm entre plantas. Desde su establecimiento la pradera se manejó bajo corte mecanizado a una altura aproximada de 20 cm. Se fertilizó a inicios del verano con 50 kg de N ha⁻¹ (Urea 46% N) y se regó por aspersión cada dos o tres semanas durante la primavera. como usualmente se efectúa en el rancho.

Parcelas experimentales. La superficie cultivada, se dividió en 40 parcelas de 9 m² para evaluar ocho cortes de forraje. Las evaluaciones iniciaron con un corte de uniformidad a 5 cm de altura utilizando una máquina podadora en cada estación del año.

Tratamientos y diseño experimental. Se evaluaron los tiempos de crecimiento de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 d, en cada estación del año. Los tratamientos fueron distribuidos bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones. La unidad de muestreo fue un cuadrante de 0.80 x 0.80 m colocado aleatoriamente dentro de las parcelas, donde se cortó el forraje a ras del suelo. Al término del corte de uniformidad, se

Dry-matter accumulation curves were adjusted by means of SAS with NLIN procedure (Gauss-Newton method) for every season. (9).

The model was: $Y = a/(1 + e^{\beta_0 + \beta_1 t})$
which:

Y= dry matter (kg ha⁻¹),

β_0 =Intercepting,

a= Maximum accumulation of dry matter,

β_1 = Growth rate and t= Time.

Plant height. By using a sward stick, we measured 20 leaves randomly chosen per plot. Since we needed to register their height in centimeters as well as their average we placed this stick vertically at bunches' base and slide the plastic signaler downward until reaching every leaf top (10).

Leaf area ratio (LAR). We were able to determine it by dividing leaf area (m²) by m² of soil. Regarding to what Navarro and Villamizar (11) stated, leaf area was calculated on measuring width mid-point of each leaf length with a 1 mm accuracy ruler.

Growth rate (GR). Via SAS with NLIN procedure (9), we estimated it as of total dry matter adjusted curves at different seasonal growing ages. Growth rate (Kg DM ha⁻¹ d⁻¹) was calculated on the basis of the following equation:

$$GR = \frac{DMP_{t_2} - DMP_{t_1}}{T_2 - T_1}$$

which:

DMP_{t₂}=dry matter presented in time 2;

DMP_{t₁}=dry matter presented in time 1;

T₂-T₁ = Number of elapsing days between both measurements (12).

Leaf:stem (L:S) and leaf:no leaf (L: NL) ratios. These ratios had been obtained from the following components: leaves, stems, inflorescence, and dead material.

Botanical composition. We were able to define it while separating those species presented in the samples: Mombasa grass, weeds, herbaceous legumes and other types of grass.

For analyzing data, we employed two procedures, MIXED for repeated measurements and SAS with GLM for Windows 9 (9). Factors of seasonal study (4) and cuttings are related to variables of response, within these, we too included the effect of season-cutting interaction. On the other hand, the effect of repetition in cutting was considered aleatory. Comparison of medians was carried out through the Turkey method ($p \leq 0.05$).

We collected all climate related information from the National Water Commission (CONAGUA, by its acronym in Spanish) meteorological station in Tuxtla Gutierrez, Chiapas, Mexico.

muestrearon aleatoriamente cinco cuadrantes fuera de las parcelas delimitadas para definir el forraje inicial.

Parámetros de crecimiento. Mediante los muestreos periódicos antes mencionados, se determinó:

El rendimiento total de forraje por hectárea se obtuvo mediante la suma del peso seco de los componentes y del resto de la muestra, para ello, se colocó el material vegetal en una estufa con circulación forzada de aire (Sheldon, VWR 1390FM, USA) a 80°C, por 72 h.

Las curvas de acumulación de materia seca en cada estación del año, se ajustaron mediante el procedimiento NLIN de SAS (Método de Gauss-Newton) (9).

El modelo fue: $Y = a/(1 + e^{\beta_0 + \beta_1 t})$

Donde:

Y= Materia seca (kg ha⁻¹),

β_0 =Intercepto,

a= Acumulación máxima de materia seca,

β_1 = Tasa de crecimiento y t= Tiempo.

Altura de planta. Se midió en 20 hojas al azar por parcela con regla *ad hoc* conocida como "sward stick", ésta se colocó verticalmente en la base de los macollos y el señalador de plástico elevado se deslizó lentamente hacia abajo, hasta tocar la altura de cada hoja, registrarla (cm) y obtener su promedio (10).

Índice de área foliar (IAF). Se determinó dividiendo el área foliar, (m²) por m² de suelo. El área foliar se calculó de acuerdo a Navarro y Villamizar (11) con la medición del ancho en el punto medio del largo de cada hoja y viceversa, mediante una regla con precisión de 1 mm.

Tasa de crecimiento (TC). La TC promedio se estimó a partir de las curvas ajustadas de la materia seca total en las diferentes edades de crecimiento de cada estación del año, con el programa NLIN de SAS (9). La TC (Kg MS ha⁻¹ d⁻¹), se calculó mediante la ecuación siguiente:

$$TC = \frac{MSP_{t_2} - MSP_{t_1}}{T_2 - T_1}$$

Dónde:

MSP_{t₂}=Materia seca presente en el tiempo 2;

MSP_{t₁}=Materia seca presente en el tiempo 1;

T₂ - T₁=Número de días transcurridos entre ambas mediciones (12).

Relación hoja:tallo (h:t) y hoja:no hoja (h:nh). Se obtuvieron de los componentes: hojas, tallos, inflorescencias y material muerto.

RESULTS

Biomass production. Figures 1 and 2 display dynamic in dry biomass allocation by yielding component, which is in relation to growing age and biomass. When new regrowth appeared at each season, forage production grew progressively. So in spring and summer, we had a major quantity of forage than in autumn and winter ($p \leq 0.05$); the same result happened at day 50 (6220 y 6346 kg DM ha⁻¹, accordingly). Within the following cutting intervals, biomass showed having a greater increment during summer that matched with 35.3 mm of accumulative rainfalls.

In contrast to summer, accumulative area of biomass reduced during autumn, which brought about dead material to increase in paralleled. However, in winter, there was a lower production of biomass from the whole year.

Among seasons, yielding components in growth presented a dynamic differential. Within 20 days, our evaluation in stem growth was superior but it went down over the next period and this caused leaves to grow taller during spring. The growing differential effect in plants' structure appeared while conducting such evaluation during this season.

In summer, leaves' bigger growth appeared within 20 days, but they lessened at day 10 and subsequently biomass accumulation on stems. About this time of the year, leaves grew bigger than stems at day 50, but then diminished at day 60 and 70; therefore stem biomass was higher. Total accumulation of biomass was 44% more superior than the one observed in spring.

In comparison with stem, plant biggest growth was on leaves during autumn and dead material rose once this evaluation concluded.

In winter, leaves growth at 20 and 60 days of age displayed higher biomass accumulation as against stem's; however, stem' biomass and dead material had slightly increment. In this season, we registered poor production of dry biomass, that is, 655 kg DM ha⁻¹. Overall, it is clear that after 50 days of regrowth, dry-matter became responsible for stems growth, and leaves begun to senesce.

Height. In summer, plant's height was bigger because of stems' elongated inflorescence at day 70 and 80 (Figure 3) while on the first 50 days, its height (114 cm) was driven by leaves' development ($p \leq 0.05$). From autumn to winter, grass growth decreased. Such effect coincides with low autumn precipitation (21.0 mm) but with no precipitation at all in winter.

Leaf area ratio. This variable, along with the grass, share the same growth tendency due

Composición botánica. Se definió al separar las especies presentes en los muestreos: pasto Mombasa, maleza, leguminosas herbáceas y otros pastos.

Los datos se analizaron por medio de los procedimientos del modelo mixto para mediciones repetidas y el modelo GLM de SAS para Windows 9 (9). Los factores de estudio estaciones (4) y cortes se relacionaron con las variables respuesta y además se incluyó, el efecto de interacción estación-corte y el efecto de repetición dentro de corte se consideró aleatorio. La comparación de medias se realizó por el método de Tukey ($p \leq 0.05$).

La información climatológica se obtuvo de los registros de la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

RESULTADOS

Producción de biomasa. La dinámica de asignación de biomasa seca por componente del rendimiento se muestra en la figura 1, y en la figura 2, la relación de la edad de crecimiento con la biomasa. El rendimiento de forraje aumentó progresivamente al inicio del rebrote en cada estación del año. En primavera y verano se acumuló la mayor cantidad de forraje en relación a otoño e invierno ($p \leq 0.05$) y a los 50 días fue similar (6220 y 6346 kg MS ha⁻¹, respectivamente). En los siguientes intervalos de corte el mayor incremento de biomasa se presentó en verano y coincidió con la precipitación acumulada de 35.3 mm.

Durante el otoño, la acumulación de biomasa aérea disminuyó en comparación con el verano y de manera concomitante se incrementó la cantidad de MM, mientras que, en invierno, se presentó la menor producción de biomasa de todo el año.

El crecimiento de los componentes del rendimiento presentó una dinámica diferencial entre las temporadas del año. En primavera durante los primeros 20 días de la evaluación el crecimiento del tallo fue mayor, y en el siguiente periodo se disminuye y crece más la hoja. El efecto diferencial del crecimiento de las estructuras de la planta se presentó en toda la evaluación durante esta temporada.

En verano, el mayor crecimiento de las hojas se presentó a partir de los 20 días, y 10 días después, disminuye y se acumula la biomasa del tallo. En esta época del año las hojas crecieron más que el tallo hasta los 50 días y disminuye entre los 60 y 70 d, periodo en el cual, la biomasa del tallo fue mayor. La acumulación total de biomasa fue 44% superior que la observada en primavera.

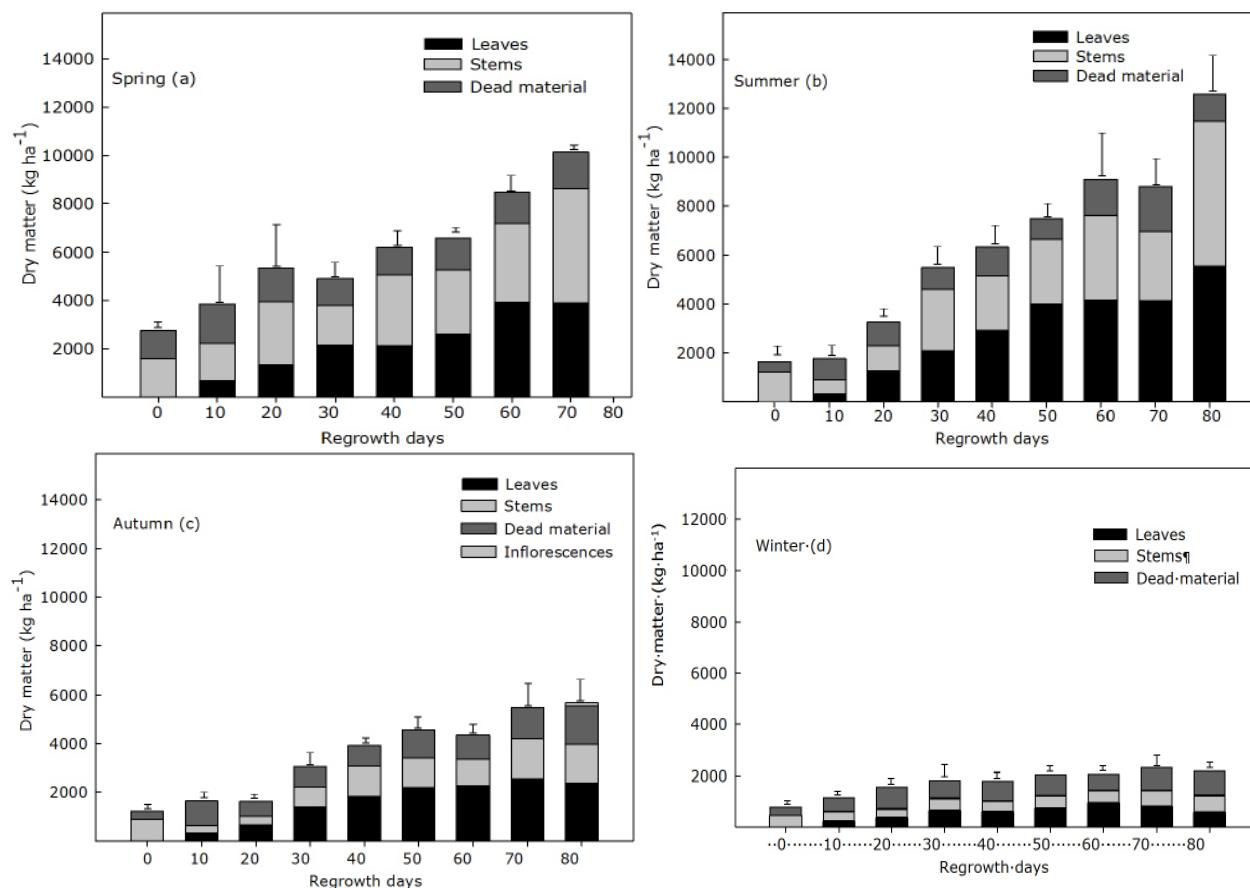
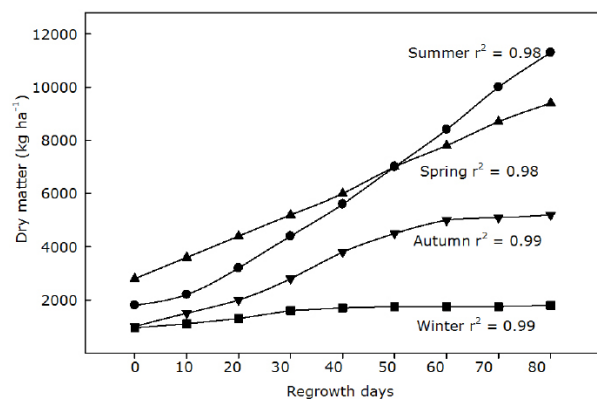


Figure 1. Dynamics of seasonal allocation of dry biomass by yield component of (*Panicum maximum* Jacq) cv. Mombasa during 80-day growth cycles, in the state of Chiapas, Mexico.



$MSp=10961/(1+\exp((1.0791^{**})-(-0.0374^{**})\cdot t))$
 $MSo=6120.4/(1+\exp((1.5937^{**})-(-0.0497^{**})\cdot t))$
 $MSv=15338.1/(1+\exp((2.0270^{**})-(-0.0395^{**}+*)\cdot t))$
 $MSi=2248.9/(1+\exp((0.5173^{**})-(-0.0605^{**})\cdot t))$
 *MSp, MSv, MSo, MSi: tight curves of spring, summer, autumn and winter.
 $p \leq 0.001$

Figure 2. Seasonal accumulation of total dry matter of (*Panicum maximum* Jacq) cv. Mombasa during 80-day growth cycles.

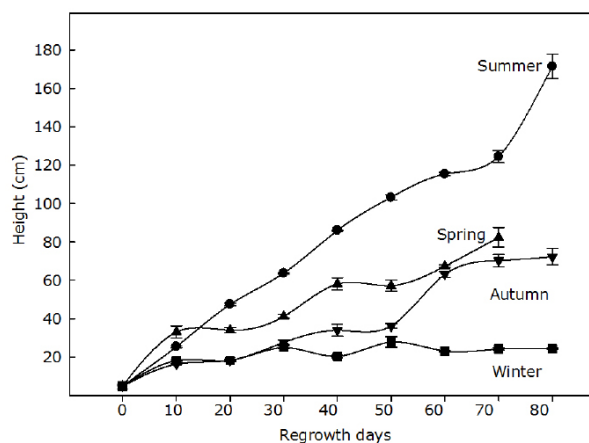


Figure 3. Height of (*Panicum maximum* Jacq) cv Mombasa during seasonal periods of 80 days. Height was not estimated at 80 days in spring because accidental grazing occurred.

to being influence by seasonal ambient. Peaks ($p \leq 0.05$) occur in summer (Figure 4), which matched with the most registered precipitation of 59.6 mm.

En otoño, el mayor crecimiento de la planta fue en las hojas en comparación con el tallo, y al final de la evaluación incrementó la cantidad de MM.

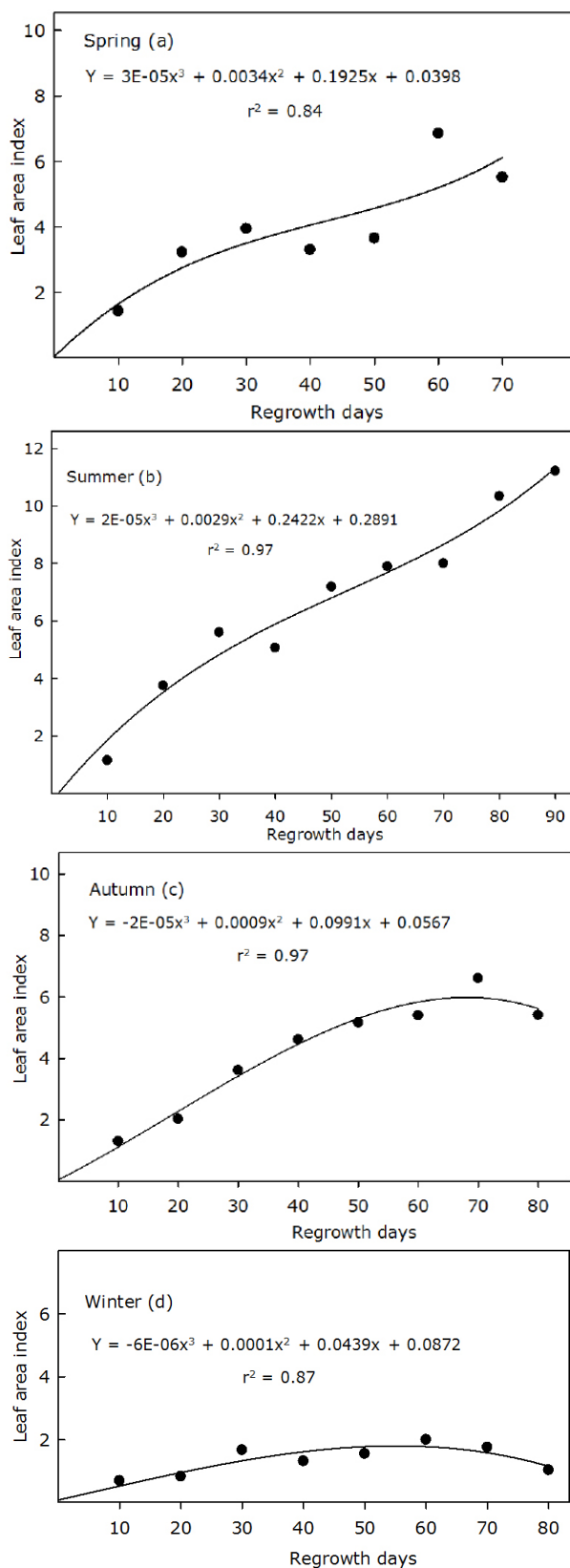


Figure 4. Relationship between leaf area index and regrowth days in guinea grass *Panicum maximum* Jacq. cv Mombasa during its growth in the tropical dry region of Chiapas, Mexico.

En invierno el crecimiento de las hojas a 20 y 60 días se reflejó en mayor acumulación de biomasa en comparación a la del tallo, y al final se incrementó ligeramente la biomasa del tallo y el MM. En esta temporada se registró la menor producción de biomasa seca, que fue de 655 kg MS ha⁻¹. En general, fue evidente que después de 50 días de rebrote, el incremento de MS se debió al crecimiento de los tallos. A esta fecha, también inició la senescencia de las hojas en las diferentes estaciones del año.

Altura. La altura de planta fue mayor en verano entre 70 a 80 días como consecuencia de la elongación de tallos de las inflorescencias (Figura 3). En tanto que en los primeros 50 días, su altura (114 cm) se debió al desarrollo de las hojas ($p \leq 0.05$). A partir de otoño disminuyó el crecimiento del pasto y fue menor en invierno. Este efecto coincide con la baja precipitación de otoño (21.0 mm) y sin precipitación en invierno.

Índice de área foliar. Esta variable presenta la misma tendencia del crecimiento del pasto por la influencia del ambiente en las estaciones del año. El índice más alto ($p \leq 0.05$), se presentó en verano (Figura 4) y coincide con la mayor precipitación registrada de 59.6 mm.

Las fluctuaciones contrastantes del clima en las estaciones del año fueron la mayor precipitación en verano (59.6 mm) y la temperatura mínima en otoño-Invierno (16°C).

Al relacionar el IAF con el peso seco de las hojas verdes se confirma que la acumulación de biomasa de hojas está influenciada por las variaciones climáticas durante el año y presenta estrecha relación lineal con el IAF, los coeficientes de determinación r^2 fueron 0.93, 0.96, 0.98 y 0.95, para primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. Los valores del IAF en la mayor etapa de emisión de las hojas fueron: 4.0, 7.9, 5.3 y 1.6, en el orden de las estaciones descritas.

Tasa de crecimiento. La tasa de crecimiento aumentó en primavera, verano y otoño a partir del corte de uniformidad hasta alcanzar un valor máximo, que fue entre los 40 y 50 días después del rebrote, posteriormente declinó (Figura 5). En invierno, la ausencia de precipitación y la disminución de la temperatura hasta 16°C indujeron disminución del crecimiento del pasto. Al igual que las variables anteriores, la mayor tasa de crecimiento se obtuvo en verano ($p \leq 0.05$), con 127 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ a los 60 días del rebrote, mientras que, en primavera, otoño e invierno los valores fueron 93, 70.5 y 32 kg MS ha⁻¹ día⁻¹ respectivamente y se alcanzaron a los 50, 40 y 20 días de rebrote, respectivamente.

The most diverging fluctuations in climate was in summer, with the highest rainfall (59.6 mm) and a minimum temperature in autumn and winter (16°C).

Connecting LAR with green leaves' dry weight, ascertains biomass accumulation in leaves to be influenced by climate variations and by their linear relationship with LAR through year. Coefficient of determination r^2 for spring, summer, autumn and winter were 0.93, 0.96, 0.98 & 0.95. LAR values for leaves appearance during the main phase were: 4.0, 7.9, 5.3 & 1.6, that's for previous seasons.

Growth rate. From uniformity cuttings, growth rate increased up to its maximum value (40-50 days before regrowth) in spring, summer and autumn; but it then went down (Figure 5). In winter, low temperatures of 16°C and rainfalls absence, caused grass' grow to drop.

Equally to previous variables, we obtained the maximum growth rate in summer ($p \leq 0.05$), with 127 kg of DM $\text{ha}^{-1} \text{day}^{-1}$ after 60 days of regrowth. But for Winter, autumn and spring values were of 93, 70.5 & 32 kg DM $\text{ha}^{-1} \text{day}^{-1}$ reached after 50, 40 and 20 days of regrowth, respectively.

L:s & l:nl ratios. Both were significantly higher in autumn ($p \leq 0.05$). Leaf:stem ratio displayed greater values in comparison with l:nl for all seasons. At the end of seasonal growth (Figure 6), both ratios improved with regrowth age until reaching its maximum and had significantly descending ($p \leq 0.05$).

From adjusted curves, the most elevated values for leaf:stem ratio were 1.1, 1.5, 1.9 & 1.7 in spring, summer, autumn, and winter. Similarly, the greatest values for leaf:no leaf ratio were 0.8, 0.9, 1.0 & 0.6 and for previous order too. We were able to obtain these values at about 50 days in almost all seasons, except for spring, from which values were achieved at day 45.

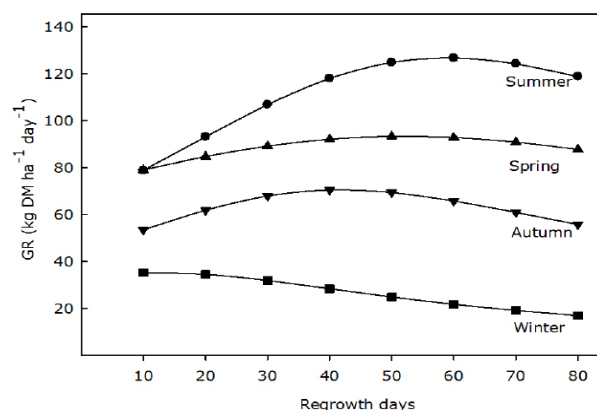


Figure 5. Growth rate of Guinea grass (*Panicum maximum* Jacq) cv. Mombasa in four seasons of the year for 80 days in the dry tropics of southern Mexico.

Relación h:t y h:nh. Ambas fueron significativamente más altas en otoño ($p \leq 0.05$). La relación h:t presentó valores altos en comparación con la relación h:nh en todas las estaciones del año. Ambas relaciones incrementaron con la edad de rebrote, hasta alcanzar un máximo y descender de manera significativa ($p \leq 0.05$), al final del periodo de crecimiento estacional (Figura 6).

A partir de las curvas ajustadas, los valores más elevados de la relación h:t fueron: 1.1, 1.5, 1.9 y 1.7 para primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. De igual forma, valores más altos correspondientes a la relación h:nh fueron: 0.8, 0.9, 1.0 y 0.6 para el orden anterior. Estos valores fueron alcanzados alrededor de los 50 días a excepción de primavera que los alcanzó a los 45 días.

Composición botánica. La contribución de la proporción relativa del pasto Mombasa a la pradera, superó el 95% en promedio durante el período de estudio. El resto de las especies presentes fueron pastos, malezas o leguminosas herbáceas.

DISCUSIÓN

La producción de biomasa por estación del año fue proporcional a la precipitación registrada y a variaciones de temperatura máxima y mínima. En verano se incrementó la acumulación de materia seca, dado que coincide con la mayor precipitación (59.6 mm) y temperatura máxima de 32.8°C y mínima de 21.6°C. En primavera la precipitación fue de 17.3 mm, aunque se incrementó 3°C la temperatura máxima y la humedad relativa disminuyó 14% con relación al verano, por lo que, disminuyó la producción de forraje. El *Panicum maximum* en los sistemas pastoriles de Argentina presenta este mismo efecto de disminución del crecimiento por reducción de la precipitación media estacional (13). Lo anterior sugiere mayor transpiración y menor abastecimiento de agua que induce estrés hídrico y en consecuencia suspensión del crecimiento. En otoño, la precipitación total fue de 21.0 mm, aunque la temperatura (máxima y mínima) bajó 2°C respecto a verano, y sin cambios promedios en la humedad relativa. El incremento en la precipitación no repercutió en mayor producción de biomasa, en cambio tal disminución parece estar más relacionada con la baja de la temperatura. En invierno, la ausencia de precipitación y la disminución de la temperatura máxima de 2°C y mínima de 5°C limitaron el crecimiento del pasto. Resultados similares presentan Cornacchione y Molina (14) al determinar fechas de siembra óptimas del *Panicum maximum* quienes señalan que la productividad fue severamente afectada por las bajas temperaturas.

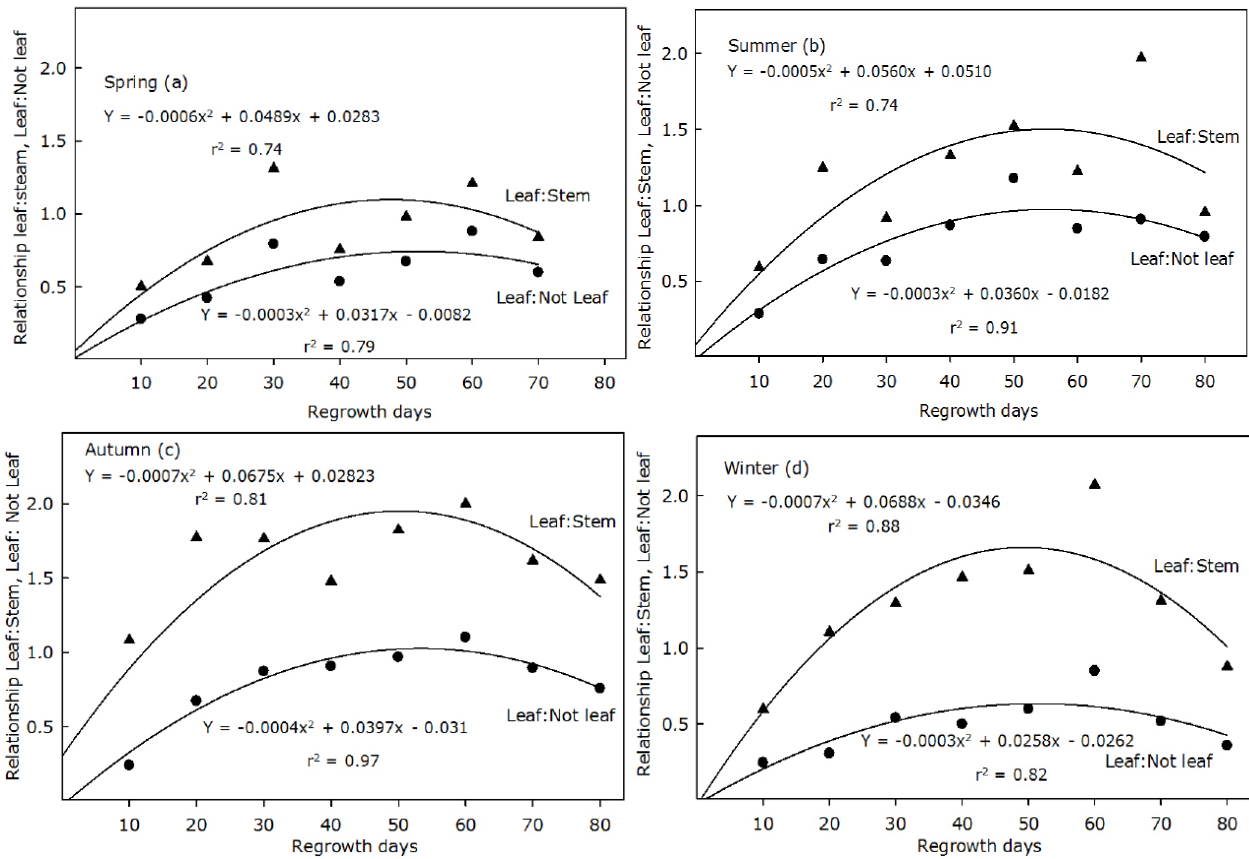


Figura 6. Relationship leaf:Stem (L:S) and Leaf: not Leaf (L: not L) in guinea grass (*Panicum maximum* Jacq.) cv Mombasa during its growth included in four seasons of the year present in the dry tropics of southern Mexico.

Botanical composition. The relative contribution of Mombasa grass to this prairie exceed to 95% in average during this study. The rest of the species appearing were grass, weeds and herbaceous legumes.

DISCUSSION

Biomass production per season was in proportion to registered precipitation and to variations in both minimum and maximum temperatures. For summer we noticed a rise in dry-mass accumulation as it coincides with the highest precipitation (59.6 mm) as well as with maximum (32.8°C) and minimum (21.6°C) temperatures. Spring precipitations was of 17.3 mm, despite maximum temperatures increased to 3°C and relative humidity decreased to 14%. Consequently, forage production weakened in relation to summer's. *Panicum maximum* in rural ecosystems of Argentina have the same lowering-growth effect because average seasonal precipitation goes down (13). This suggest that higher transpiration and lowering in water supply induced some hydric stress and henceforth growth suspension. Autumn total precipitation was 21.0 mm even though temperatures (maximum and minimum) dropped off 2°C in relation to summer, from which there

En el crecimiento de primavera, el riego favoreció el rendimiento del pasto Mombasa, aunque se aplicó sin conocer los requerimientos hídricos del mismo; es posible que con riego adecuado se logren mayores rendimientos que los obtenidos en verano. El riego puede incrementar el rendimiento de materia seca de 166 a 415% en relación con los tratamientos sin riego, como se registró en diferentes genotipos de *Pennisetum* en Colombia (15).

La mayor acumulación de biomasa de hojas en verano, coincide con las mejores condiciones climáticas, además en primavera, otoño e invierno, la precipitación respecto a verano representó 29, 35 y 0.5% y esta disminución coincide con el comportamiento en pastos tropicales como Estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*) (16). El crecimiento del pasto Mombasa en otoño, con registro de baja precipitación supone influencia de la humedad residual posterior a la precipitación de verano, como sucede con la siembra de maíz en esta región. En invierno y sin registro de precipitación, se disminuyó el crecimiento del pasto, aunado al descenso de la temperatura. Al respecto, debe considerarse que el estrés hídrico reduce la tasa

were no changes in relative humidity, whatsoever. Increments in precipitation did not have an effect on biomass higher production. Instead, it seems to be related to low temperatures. During winter, absence in precipitation and decrements in maximum (2°C) and minimum (5°C) temperatures inhibit grass growth. Cornacchione & Molina (14), who stated that productivity was severely affected by low temperatures, gave same results while determining optimal dates for harvesting *Panicum maximum*.

During spring growing, irrigation favored Mombasa grass growth without knowing, in first hand, its hydric requirements. But with the adequate irrigation it is possible to accomplish higher improvements than the ones obtained in summer. Irrigation can increment dry matter yielding from 166 to 415% in regards to those treatments that were no irrigated; as set out in different genotypes for *Pennisetum* in Colombia (15).

The highest accumulation of biomass in leaves for summer coincides with the best climate conditions. Plus, spring, autumn and winter precipitations, in regards to summer's, dropped off to 29, 35 and 0.5%. Said decrement coincides with some of tropical grasslands behavior, such as Star grass (*Cynodon plectostachyus*) (16). Mombasa grass growth in winter, even with low autumn precipitations, it's supposed to be influenced by residual moisture subsequent to summer precipitations, as it happens with corn crops in this region. With no records of winter precipitations combined with low temperatures, there was a decrement on the grass. In this regard, we must considerate how hydric stress can reduce photosynthesis rate, produce high mortality in plants and leaves (17), and obligate plants to take some precaution in leaf loss (18). In connection with hydric stress, seven of twenty ecotypes from *P. maximum* Jacq did not grow because of showing low resistance to drought while being evaluated at three different site locations in Kenya. The physiological effect recorded was the decrement in leaves and stems growing (2, 16).

Behaviors in yielding physiological components, especially those in leaves, suggest that this grass should be harvested before its growing stops (19). Since dead material accumulation appears more in final cuttings, it can reach 50% and be present in current forage, such as in prairies that are no reasonable harvested (10).

In Mombasa grass, stems height rising (after 50 days of regrowth) is related to sunlight limitation and to light interception above 95%, as happens around understory. Shade and basal leaf loss gives rise to an increment in stems proportion and dead material in the prairie as regrowth second strategy, as observed in *P. maximum* cv. Mombasa in Brazil (5). In stems, said process speed up in summer and autumn because of the red:blue light effect (and not by an inducement in morphogenetic change) on the first stem. It stopped leaves formation, begun to form inflorescences and elongate accompanying reproductive stems. In Brazil, it was reported that

de fotosíntesis y produce alta mortandad de hojas y plantas (17) e induce a la vegetación a tomar estrategias extremas como la caída de hojas (18). En relación con el estrés hídrico, se dio a conocer que 7 de 20 ecotipos de *P. maximum* Jacq. con baja resistencia a la sequía no prosperaron al ser evaluados en tres lugares de Kenia y el efecto fisiológico registrado fue la disminución del crecimiento de hojas y tallos (2,16).

El comportamiento de los componentes fisiológicos del rendimiento, especialmente el de las hojas, sugiere cosechar el pasto antes que se detenga su crecimiento (19). Dado que el MM se acumula aún más en los últimos cortes, tal y como ocurre cuando las praderas no se cosechan oportunamente y en estas condiciones el MM puede alcanzar hasta el 50% del forraje presente (10).

En el pasto Mombasa, el incremento en altura de los tallos posterior a los 50 días de rebrote en las estaciones del año, se relaciona con la restricción de luz que ocurre en el dosel, cuando existe arriba del 95% de interceptación de luz, y el sombreado y senescencia de hojas basales origina un aumento en la proporción de tallos y MM en la pradera, como segunda estrategia de rebrote, lo cual se observó en *P. maximum* cv. Mombasa en Brasil (5). En los tallos, dicho proceso se aceleró en verano y otoño, debido al efecto que la luz roja:azul, ocasionó sobre el tallo verdadero y no por la inducción de un cambio morfogenético, que detuvo la formación de hojas e inició formación de inflorescencias y la concomitante elongación de tallos reproductivos. En, Brasil se informó, que a 90 cm de altura, el pasto Mombasa intercepta el 95% de la luz incidente e incrementa la presencia de hojas. Al respecto, Es importante considerar que la interceptación de luz está relacionada con la calidad nutricional y la digestibilidad de los pastos, lo que se verificó en *Megathyrus maximus* (Jacq.) cv. Tanzania, durante la evaluación de frecuencias de defoliación en Sucre, Colombia (20).

En consideración a lo anterior, y las condiciones en que se desarrolló este trabajo, en verano el pasto debe cortarse entre 40 y 50 días de rebrote. Sin embargo, bajo este criterio, sólo podría cosecharse en verano, a menos que el pasto reciba fertilizante químico. A pesar de lo anterior, la altura es un excelente indicador de la producción de forraje, especialmente si se relaciona con la interceptación de luz y biomasa de hojas existente en la pradera (5).

El menor IAF en primavera está asociado al mayor intercambio de tejido que las plantas presentan debido al notable incremento de temperatura y menor precipitación en esta estación (19). Al respecto, se ha señalado que el máximo

Mombasa grass, when reaching 90 cm-height, intercepts 95% of incident light which increases leaves presence. Thereon, light interception is related to grasslands' nutritional quality and digestibility, as we verified with *Megathyrsus maximus* (Jacq.) cv. Tanzania, during evaluations on defoliation frequency in Sucre, Colombia (20).

On that basis, grass must be cut off at days 40 and 50 after the first regrowth during summer. Nonetheless, it could only be harvested if applying chemical fertilizers. Yet, height is an excellent indicator for forage production, especially if we count on light interception and leaves biomass present in the prairie (5).

For spring, the lowest value in LAR links with tissue exchange presenting in plants due to a significant rise in temperature and lower precipitation giving this season (19). In this regard, we have stated that grasslands' ultimate growth depends on LAR and photosynthesis rate (4).

Equivalent results in cv. Mombasa GR have been found in same crops raised in Guerrero, Mexico (7) with cutting intervals of 5 and 7 weeks, 5 cm-height, and values of 118.8 and 140.1 kg of DM ha⁻¹day⁻¹ during rainy season.

Winter GR decrement in Mombasa grass ties up with some water deficit given by precipitation decrement and evapotranspiration (1). It is also important to say that once GR in Mombasa grass reaches its peak, leaves dry-matter begins to drop, as observed in Maralfalfa grass (*Pennisetum* sp) growth, in Veracruz, Mexico (19).

Leaf:no leaf ratio is an indicator that is not normally taken into consideration when it comes to prairies handling studies. However, studies have confirmed differential progress in Mombasa grass areal components. As grass' growing went down at the end of each stage, so it leaf's proportion per unit surface. Stems elongation and aging begin to increment. If it is not raised promptly, this could have an impact on forage quality (7).

The greatest relation between l:s and l:nl (observed in autumn) results on residual moisture in summer. Both variables go down because of stems elongation and dead material accumulation. In spring, the lowest value for l:s and l:nl ratios are due to a high rate in tissue replacement by extreme temperatures (18). Likewise, the lowest l:s and l:nl ratios for winter are linked to an absence in precipitation and low temperatures. These climate conditions have a negatively effect on their intermediate metabolism and hydric balance (14).

Mombasa grass exceed 95% of botanical composition among seasons and growing ages. This fact proves it's a kind of competitive forage species. In respect thereon, we can say this grass has the most potential growth in the tropics from which we can explain its high persistence (21).

crecimiento de los pastos asociados o no, depende del IAF y de la tasa fotosintética (4).

Resultados similares de la TC del cv. Mombasa, fueron obtenidos para este mismo cultivar en el estado de Guerrero, México (7), en la época de lluvias con intervalos de corte de 5 y 7 semanas y altura de corte de 5 cm, con valores de 118.8 y 140.1 kg MS ha⁻¹día⁻¹, respectivamente.

La baja TC del pasto Mombasa en invierno, se relacionó con el déficit hídrico por disminución de la precipitación y la evapotranspiración (1). Además, es importante señalar que una vez que la TC del pasto Mombasa alcanza el valor más alto, inicia el descenso la materia seca de hoja, como se observó durante el crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) en Veracruz, México (19).

La relación hoja:no hoja, es un indicador que normalmente no se considera en los estudios del manejo de praderas. Sin embargo, en éste caso confirmó el desarrollo diferencial de los componentes aéreos del pasto Mombasa. Al descender significativamente el crecimiento del pasto al final de cada periodo evaluado, disminuyó la proporción de hoja por unidad de superficie e incrementó la elongación de tallos y la senescencia. Lo anterior impacta sobre la calidad del forraje, si no se cosecha oportunamente (7).

La mayor relación de h:t y h:nh observada en otoño, es resultado de la humedad residual de verano. Posteriormente ambas variables disminuyen debido a la elongación de tallos y acumulación de MM. El menor valor observado en la relación h:t y h:nh en primavera, se debe a la mayor tasa de recambio de tejido por efecto de las altas temperaturas (18). De igual forma, en invierno la menor h:t y h:nh registradas, guarda relación con la ausencia de precipitación y baja temperaturas. Estas condiciones ambientales inciden negativamente en el metabolismo intermedio y el equilibrio hídrico (14).

El pasto Mombasa superó el 95% de la composición botánica en las estaciones del año y edades de crecimiento. Este hecho demuestra que es una especie forrajera competitiva. Al respecto, se ha señalado que este pasto es uno de los cultivares de mayor potencial productivo en el trópico, lo que explica su alta persistencia (21).

En conclusión, en la región central del estado de Chiapas, México la estacionalidad influye de manera importante el crecimiento y producción de forraje. Los resultados sugieren que para aumentar la productividad y utilización del pasto Mombasa, en el área de influencia, se debe cosechar cada 40, 50, 40 y 30 días en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente.

In conclusion, in the central region of the state of Chiapas, seasons do influence significantly in forage growth and production. Results have proved that Mombasa grass productivity and usage, within the sphere of influence, should be raised every 40, 50, 40, 30 days in spring, autumn, summer and winter

Acknowledgements

To Jorge D. Etchevers Barra, Ph.D and to his collaborators from the Soil Fertility and Environmental Chemistry Laboratory, Colegio de Postgraduados; for helping us with the physic-chemical analysis in soil that we used for this trial.

Conflict of interest

Authors herein state no having conflict of interests in their work being published.

Agradecimientos

Al Dr. Jorge D. Etchevers Barra y colaboradores del Laboratorio de Fertilidad de suelos y Química Ambiental, Colegio de Postgraduados, por el apoyo del análisis Físicoquímico del suelo en que se realizó el presente estudio.

Conflicto de intereses

Los autores del presente artículo declaramos no tener conflicto de interés que ponga en riesgo su publicación.

REFERENCIAS

- Ramírez JL, Herrera RS, Leonard I, Cisneros M, Verdecia D, Álvarez Y. Relación entre factores climáticos, rendimiento y calidad de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT 169 en el Valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 2011; 45(3):293-297.
- Njarui DMG, Gtheru M, Mwangi D, Keya GA. Production of giant *Panicum* in semi-arid Kenya. *Tropical Grasslands–Forrajes Tropicales*. 2014; 2:100-102.
- Montes CFJ, Castro RR, Aguilar BG, Sandoval TS, Solís OMM. Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa* L.) *Rev Mex Cienc Pecu*. 2016; 7(4):539-552.
- Zaragoza EJA, Hernández-Garay A, Pérez PJ, Herrera HJG, Osnaya GF, Martínez HP, et al. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovinillo. *Téc Pecu Méx*. 2009; 47(2):173-188.
- Da Silva SC, Hernández-Garay A. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. Velasco ZME et al. Editores. Los Forrajes y su impacto en el trópico. Universidad Autónoma de Chiapas; México: 2010.
- Villareal GJA, Hernández GA, Martínez HPA, Guerrero RJD, Velasco ZME. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2014; 5(2):231-245.
- Ramírez RO, Hernández-Garay A, Da Silva SC, Pérez PJ, Enríquez QJF, Quero CAR, et al. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq. Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Téc Pecu Méx*. 2009; 47(2):203-213.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio). La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado. Primera Edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Gobierno del Estado de Chiapas. México; 2013.
- SAS. Statistical Analysis System. System for Windows version 9.0. SAS Institute Inc. Cary NC 27513, USA. 2002.
- Hodgson J, Matthews PNP, Matthew C, Lucas RJ. Pasture Measurement. White J, Hodgson J editors. New Zealand Pasture and Crop Sci Auckland, N.Z. Oxford University Press; 1999.
- Navarro MO, Villamizar CI. Evaluación de diferentes frecuencias de corte en guinea Mombaza (*Panicum maximum* Jacq., Jacq), bajo condiciones de sol y sombra natural influenciada por el dosel de campano (*Pithecellobium saman*) en Sampués, Sucre. *Rev Colombiana Cienc Anim*. 2012; 4(2):377-395.
- Chapman DF, Lemaire G. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Baker MJ, editors. *Grasslands for Our World*, SIR, Wellington; 1993.

13. Tiedemann JL. Fenología y productividad primaria neta aérea de sistemas pastoriles de *Panicum maximun* en el dpto. Moreno, Santiago Del Estero, Argentina, derivada del NDVI MODIS. *Ecología Aplicada*. 2015; 14(1):27-39.
14. Cornacchione M, Molina JP. Implantación de gramíneas subtropicales según fechas de siembra y acumulación y componentes de la materia seca. *Revista Argentina de Producción Animal*. 2008; 28:349-543.
15. Murillo SJ, Barros HJA, Rocallo FB, Arrieta PG. Requerimientos hídricos de cuatro gramíneas de corte para uso eficiente del agua en el Caribe seco colombiano. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu*. 2014; 15(1):83-99.
16. Dutra LA, Cavalcante de Carvalho F, Leite ER, Duarte MJ, de Araújo Filho CJA. Structural Characteristics of Mulato Grass I under Different Cutting Heights. *Am J Plant Sci*. 2014; (5):627-635.
17. Weiss JL, Gutzler DS, Allerd Coonrod JE, Dahm CN. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA. *J Arid Environ*. 2004; 58:248-271.
18. Karnieli A, Gabai A, Ichoku C, Zaady E, Shachak M. Temporal dynamics of soil and vegetation spectral responses in a semi-arid environment. *Int J Remote Sens*. 2002; 19:4073-4087.
19. Calzada JM, Enríquez QJF, Hernández GA, Ortega JE, Mendoza PSI. Análisis de crecimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) en clima cálido subúmido. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2014; 5(2):247-260.
20. Patiño PRM, Gómez SR, Navarro MOA. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrsus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 2018;13(1):17-30.
21. Enríquez QJF, Meléndez NF, Bolaños AED, Esqueda, EVA. Producción y manejo de forrajes tropicales. Veracruz México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; México.2011.