

Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x Sudán nervadura café

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) forage yield and quality at three ages compared to corn and brown midrib sorghum x Sudangrass

David Guadalupe Reta Sánchez^a, Sarel Cruz Cruz^b, Arturo Palomo Gil^b, J. Santos Serrato Corona^c, José Antonio Cueto Wong^d

RESUMEN

El kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) presenta potencial de uso forrajero como cultivo de emergencia en los sistemas de producción agropecuarios. Se evaluó el potencial de rendimiento y calidad de forraje de las variedades de kenaf 'Tainung 2' y 'Everglades 41' a tres edades, en comparación con maíz y sorgo x Sudán nervadura café. El estudio se realizó en Matamoros, Coahuila, México durante los veranos de 2003 y 2004, con un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se determinó el rendimiento de materia seca (MS), la calidad del forraje y la distribución de MS en los órganos aéreos de la planta. El kenaf produjo rendimientos de MS de 1,320 a 10,869 kg ha⁻¹ de acuerdo a la edad de cosecha, los cuales fueron significativamente ($P < 0.05$) menores que los de maíz (13,179 a 16,380 kg ha⁻¹) y el sorgo (14,811 kg ha⁻¹). El contenido de proteína cruda (PC) en kenaf (9.8 a 18.6 %) fue superior ($P < 0.05$) al del maíz y al del sorgo (7.0 a 7.9 %); mientras que los valores de fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) fueron similares o mayores que maíz y sorgo en edades posteriores los 66 días después de la siembra (dds). La calidad de forraje en kenaf se redujo ($P < 0.05$) con la edad al disminuir la asignación de MS a las hojas, manteniendo una calidad aceptable al inicio de floración (66 a 74 dds) con contenidos de PC de 13.5 a 15.8 %, FDA de 35 a 47.5 % y FDN de 42.1 a 59.5 %.

PALABRAS CLAVE: *Hibiscus cannabinus*, Cultivos alternativos, Distribución de materia seca, Composición química.

ABSTRACT

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) shows forage potential as an alternative crop in farm production systems. In the present study, yield potential and forage quality in kenaf varieties 'Tainung 2' and 'Everglades 41' at three different ages were evaluated, and compared to corn and brown midrib sorghum x sudangrass. The present study was conducted in Matamoros, Coahuila, Mexico in the summers of 2003 and 2004, using a randomized complete block design with four replications. Dry matter (DM) yield, forage quality and dry matter distribution among aerial plant organs were determined. Kenaf showed DM yields between 1,320 and 10,869 kg ha⁻¹ depending on age, significantly ($P < 0.05$) lower than those found in corn (13,179 to 16,380 kg ha⁻¹) and sorghum (14,811 kg ha⁻¹). Crude protein concentration (CP) in kenaf (9.8 to 18.6 %) was greater ($P < 0.05$) than in corn and sorghum (7.0 to 7.9 %), whereas acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) concentrations were similar or higher than in corn and sorghum at 66 d after sowing (das). Forage quality decreased ($P < 0.05$) with age when DM partitioning into leaves dropped, maintaining an acceptable forage quality forage at beginning of flowering (66 to 74 das), presenting 13.5 to 15.8 % CP, 35.0 to 47.5 % ADF and 42.1 to 59.5 % NDF.

KEY WORDS: *Hibiscus cannabinus*, Alternative crops, Dry matter partitioning, Chemical composition.

Recibido el 4 de diciembre de 2008. Aceptado para su publicación el 9 de septiembre de 2009.

^a Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Blvd. José Santos Valdez 1200. Col. Centro. 27440, Cd. Matamoros, Coahuila. Tel. (871) 18 23 081. reta.david@inifap.gob.mx. Correspondencia al primer autor.

^b Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna.

^c Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

^d Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, INIFAP.

INTRODUCCIÓN

La explotación del ganado bovino productor de leche en las regiones áridas y semiáridas de México es una de las principales actividades económicas del sector agropecuario, actividad que provoca una alta demanda de forraje de buena calidad. Los sistemas de producción tradicionales basados en alfalfa, maíz, sorgo y avena con irrigación, enfrentan múltiples problemas debido a la poca disponibilidad de agua, problemas crecientes de salinidad en suelos y un escaso patrón de cultivos forrajeros. Además, la combinación de altas temperaturas con una reducción del fotoperiodo acelera el inicio de la floración y acorta el ciclo de crecimiento total de los cultivos forrajeros tradicionales como maíz, sorgo y alfalfa, disminuyendo la acumulación de MS⁽¹⁾. Esto obliga a buscar cultivos forrajeros alternativos que permitan un uso más eficiente de los recursos hídricos y edáficos de la región, y al mismo tiempo mantener o incrementar el rendimiento y calidad del forraje producido.

Considerando los requerimientos ambientales y su potencial como cultivo forrajero, el kenaf, puede ser una alternativa para integrarse en los sistemas de producción agropecuarios de las regiones áridas y semiáridas de México. Entre las cualidades del kenaf se encuentran su tolerancia a la salinidad (8.1 dS m⁻¹)⁽²⁾, su gran adaptación para crecer en ambientes áridos con riego⁽³⁾, su ciclo corto de 70 a 80 días⁽⁴⁾ y sus altos rendimientos de biomasa en regiones con altas temperaturas⁽⁵⁾.

Estudios realizados en Estados Unidos de América indican una gran variabilidad en el nivel de rendimiento y ciclo de crecimiento del kenaf, de acuerdo al clima, manejo agronómico y época de corte. En Texas se obtuvo un rendimiento promedio de 4,764 kg ha⁻¹ de MS con una precipitación de 404 mm y un ciclo de 76 días, mientras que con una precipitación de 476 mm y un ciclo de 99 días el rendimiento de MS fue de 7,512 kg ha⁻¹⁽⁶⁾. Posteriormente, también en el centro de Texas se encontró un rendimiento de 2,359 kg ha⁻¹ de MS en 90 días durante un año seco, mientras que en un año relativamente húmedo el rendimiento fue de 5,064 kg ha⁻¹⁽⁷⁾. En Akron, Colorado, el kenaf

INTRODUCTION

Dairy production is one of the main economic activities of the farm sector in the arid and semiarid areas of México. This activity demands high quality forage. Traditional production systems based on irrigated alfalfa, corn, sorghum and oats face several problems due to low water availability, soil salinity and a small number of forage crops. Besides, a combination of high temperatures and photoperiod reduction accelerates the beginning of flowering therefore shortening the vegetative growth period of traditional forage crops, diminishing DM accumulation⁽¹⁾. All this compels us to look for alternative forage crops that allow a more efficient use of inputs and natural resources and at the same time preserving or increasing yield and quality.

Taking into account environmental requirements and its forage potential, kenaf could be an interesting alternative as a forage crop to be included in farm production systems in the arid and semiarid areas of Mexico. Some of the kenaf characteristics are tolerance to soil salinity (8.1 dS m⁻¹)⁽²⁾, its capacity to grow and develop in irrigated arid environments⁽³⁾, its short growing cycle (70 to 80 d)⁽⁴⁾ and its high biomass yields in high temperature areas⁽⁵⁾.

Studies carried out in the USA show great variability in yield and growth period for kenaf in response to climate conditions, management and harvesting time. For example, in Texas an average 4,764 kg ha⁻¹ DM yield was obtained with a 404 mm average rainfall and 76 d of growing cycle, while 7,512 kg ha⁻¹ were obtained with 476 mm rainfall and a growing cycle of 99 d⁽⁶⁾. Later, also in Texas, a 2,359 kg ha⁻¹ DM yield was obtained in a dry year with a growing cycle of 90 d, and 5,064 kg ha⁻¹ in a relatively wet year⁽⁷⁾. In Akron CO, kenaf in two harvests carried out at 96 and 152 d after sowing (das) yielded 2,000 kg ha⁻¹ DM with 274 mm water use, while for a 507 mm water use, DM yield was 6,000 kg ha⁻¹⁽³⁾.

In several studies^(8,9), kenaf has been acknowledged as a crop showing good forage potential. When harvested early in the growing cycle, forage is highly palatable for animals in confinement⁽¹⁰⁾. A very important trait observed in kenaf harvested

en dos cortes realizados a los 96 y 152 días después de la siembra (dds) produjo 2,000 kg ha⁻¹ de MS con 274 mm de agua consumida, mientras que con un consumo de agua de 507 mm el rendimiento de MS fue de 6,000 kg ha⁻¹(3).

El kenaf ha sido reconocido en varios estudios como un cultivo con potencial forrajero(8,9). La cosecha en fases tempranas permite obtener un forraje altamente palatable para animales en confinamiento(10). Una característica importante del kenaf cosechado en estado inmaduro es su alto contenido de PC con valores de 15 a 22 %(4). Con el retraso de la cosecha y la menor proporción de hoja en la planta se pierde en calidad de forraje al disminuir la digestibilidad de la MS(11) y el contenido de PC(4). En contenido de fibras se encontró que FDN incrementó su valor de 22.4 % a los 30 dds a 55.1 % a los 105 dds. En el mismo periodo, el valor de FDA se incrementó de 17.6 a 41.9 %(12). El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de rendimiento y calidad de forraje de dos genotipos de kenaf en diferentes edades, en comparación a cultivos tradicionales como maíz y sorgo x Sudán nervadura café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Matamoros, Coahuila, México, ubicado a 25° 32' N y 103° 14' O, con altitud de 1,150 msnm. El suelo del área experimental es de textura franco arcillosa. En el primer experimento la siembra se realizó el 26 de julio de 2003, y en el segundo el 27 de julio de 2004. En ambos experimentos la siembra se realizó después de un rastreo del suelo húmedo y se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

En el experimento de 2003 se evaluaron dos variedades de kenaf, 'Everglades 41' y 'Tainung 2', genotipos de ciclo intermedio y sensibles al fotoperiodo, y el híbrido de maíz, '3025W' (Pioneer TM), el cual presenta un ciclo intermedio-precoc, altura intermedia y hojas erectas. La parcela experimental

early is its high CP concentration (15 to 22 %(4). When harvest is delayed, leaf content decreases and also forage quality as both DM digestibility(11) and CP concentration fall(4). Regarding fiber concentration, NDF increased from 22.4 % at 30 das to 55.1 % at 105 das. For the same time period, ADF increased from 17.6 to 41.9 %(12). The objective of the present study was to assess forage yield and quality in two kenaf genotypes at different growth ages compared to traditional forage crops, corn and brown mid rib sorghum x sudangrass.

MATERIALS AND METHODS

Two experiments were conducted at the Laguna Experimental Station (INIFAP), located in Matamoros, Coahuila, México, (25° 32' N 103° 14' W, and 1,150 m asl), on clay loam soil. In the first experiment sowing was carried out on July 26, 2003 and on 27 July, 2004 in the second. In both experiments sowing was performed after a disking of moist-soil and a complete randomized block design with four replications was used.

In the 2003 experiment, kenaf Everglades 41 and Tainung 2 were assessed, which are intermediate-cycle photoperiod-sensitive genotypes. Also the intermediate-early corn hybrid '3025W' (Pioneer TM), with intermediate plant height and erect leaves was evaluated. Each experimental plot consisted of eight 10-m rows with a row spacing of 0.5 m, being the useful plots four 7-m rows each. Population densities were 7.65 plants m⁻² for corn and 18.0 plants m⁻² for kenaf.

In the 2004 experiment the same corn hybrid and two kenaf genotypes as in 2003 were assessed and the 'Esmeralda Verde' (ABT TM) brown mid rib sorghum x sudangrass hybrid was included. Experimental plots were ten 6-m rows distanced at 0.5 m, being the useful plots six 5-m rows each. Population densities were 11.0 plants m⁻² for corn, 17.5 plants m⁻² for the sorghum hybrid and 50.0 plants m⁻² for kenaf.

Before disking, plots were fertilized with 50 kg ha⁻¹ N and 100 kg ha⁻¹ P₂O₅, and later 112 kg ha⁻¹ of N were applied in each of the first two

fue de ocho surcos con 0.50 m de separación y 10 m de longitud. La parcela útil para evaluar el rendimiento fue de cuatro surcos de 7 m de longitud en cada parcela experimental. En maíz se utilizó una densidad de población de 7.65 plantas m⁻², en sorgo de 17.0 plantas m⁻² y en kenaf, 18.0 plantas m⁻².

En el experimento de 2004 se evaluaron los mismos genotipos de kenaf y maíz del ciclo anterior y el híbrido 'Esmeralda Verde' (ABT™) de sorgo x Sudán nervadura café. La parcela experimental fue de 10 surcos con 0.50 m de separación y 6 m de longitud. La parcela útil fue de seis surcos de 5 m de longitud. En maíz se utilizó una densidad de población de 11.0 plantas m⁻², en sorgo de 17.5 plantas m⁻² y de 50 plantas m⁻² en kenaf.

Antes del rastro en húmedo se fertilizó con 50 kg de N y 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹, y posteriormente se aplicaron 112 kg de N ha⁻¹ en cada uno de los dos primeros riegos de auxilio. En el ciclo 2003, se aplicaron tres riegos de auxilio: a los 26, 51 y 75 dds, con láminas de 18 cm en el riego de presiembra y 12 cm en cada riego de auxilio. En el ciclo 2004 se aplicó un riego de presiembra de 18 cm de lámina y tres riegos de auxilio a los 34, 53 y 78 dds, con láminas de riego de 12 cm cada uno. Durante el ciclo de crecimiento 2003 llovieron 125.8 mm, mientras que en el ciclo 2004 fueron 109.6 mm. En 2003, las temperaturas medias de máximas, mínimas y medias fueron 32.7, 18.6 y 25.7 °C, respectivamente; mientras que en 2004, estas fueron de 33.1, 16.8 y 25 °C, respectivamente.

El control de plagas se hizo con dos aplicaciones de insecticidas; a los 17 dds se aplicaron Lorsban 480 CE (Clorpirifos) en dosis de 1 L ha⁻¹ y Cipermetrina 200® (cipermetrina) en dosis de 0.4 L ha⁻¹, para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*); posteriormente a los 40 dds se aplicaron Endosulfan 35% C.G. (Endosulfan) en dosis de 1.5 L ha⁻¹ y Rescate 20 PS (Acetamiprid) en dosis de 0.400 kg ha⁻¹, para controlar mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*).

El kenaf se cosechó en tres edades: 48, 66 y 83 dds en 2003; y a los 52, 74 y 106 dds en 2004,

post plant irrigations. In 2003, one 18-cm pre plant irrigation was applied and 12-cm irrigation was applied on 26, 51 and 75 das. In 2004, one 18-cm pre plant irrigation and three post plant irrigations were applied on 34, 53 and 78 das. During the 2003 growing cycle, a 125.8 mm was received compared with 109.6 mm in 2004. In 2003, average maximum, minimum, and mean temperatures were 32.7, 18.6 and 25.7 °C, respectively, and in 2004 these were 33.1, 16.8 and 25.0 °C.

Pest control was conducted by means of two insecticide applications: at 17 das, Lorsban 480 CE® (Chlorpyrifos) at 1 L ha⁻¹ and Cipermetrina 200® (Cypermethrin) at 0.4 L ha⁻¹ for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) control, and at 40 das Endosulfan 35% C.G.® (Endosulfan) at 1.5 L ha⁻¹ and Rescate PS® (Acetamiprid) at 0.400 kg ha⁻¹ for whitefly (*Bemisia argentifolii*) control.

Kenaf was harvested on 48, 66 and 83 das in 2003 and on 52, 74 and 106 das in 2004, dates that correspond with water requirements of each of the three post plant irrigations, respectively. Corn was harvested on 83 das in 2003 and on 106 das in 2004. Sorghum was harvested also on this date.

In each experimental plot the following yield traits were determined: fresh forage, dry matter, dry matter distribution among aerial plant organs and also forage quality in terms of: crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). Dry matter distribution in corn and in the sorghum hybrid was determined after separating stem, leaves (sheath and blade) and reproductive organs: shank, husks, cob + kernels and tassel in corn and panicle in sorghum. In kenaf stem, leaves (petiole and blade) and reproductive organs (flowers and fruits) were separated.

DM content as a percentage, DM distribution and forage quality traits were determined in 10 corn plants and in 20 plants of both kenaf and sorghum in each experimental plot. Plants were dried in a forced air oven at 60 °C until a constant weight was attained and then were ground in a Wiley mill to pass through a 1.0-mm screen. Samples were analyzed by the Kjeldahl method to determine N

las cuales corresponden a los requerimientos de agua de uno, dos y tres riegos de auxilio, respectivamente. En maíz, la cosecha se realizó a los 83 dds en el primer año, mientras que en el segundo el maíz y sorgo x Sudán se cosecharon a los 106 dds.

En cada parcela experimental se determinó rendimiento de forraje verde, rendimiento de MS, distribución de MS en los órganos de la parte aérea de las plantas y la calidad de forraje en términos de concentración de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). La distribución de MS en maíz y sorgo x Sudán, se determinó mediante la separación del tallo, hoja (vainas y lámina) y órganos reproductores (brácteas, mazorca, pedúnculo y espiga en maíz y panoja en sorgo). En kenaf, se separó el tallo, hoja (lámina y pecíolo) y órganos reproductores (flores y frutos).

Para determinar el porcentaje de MS, distribución de MS y características de la calidad del forraje, se tomaron, muestras de 10 plantas de maíz y 20 plantas de kenaf y de sorgo x Sudán en cada parcela experimental. Las plantas se secaron a 60 °C hasta alcanzar peso constante, y después se molieron en un molino Wiley con una malla de 1 mm. Las muestras se analizaron para determinar el contenido de N por el método Kjeldahl⁽¹³⁾, así como los contenidos de FDN y FDA⁽¹⁴⁾.

concentración⁽¹³⁾, and also both ADF and NDF concentrations were determined⁽¹⁴⁾. Variance analyses were made for data on DM yield, DM distribution and forage quality traits ($P < 0.05$) and the Tukey test was used for comparing means ($P < 0.05$). Simple linear regression ($P < 0.05$) was performed to determine the relationship between DM partitioned to leaf and forage quality parameters observed in kenaf (CP, ADF and NDF). Data were analyzed using SAS statistical software⁽¹⁵⁾.

RESULTS AND DISCUSSION

Dry matter yield and forage quality

Significant differences ($P < 0.05$) were found in DM yield and forage quality of two kenaf genotypes harvested at different ages relative to maize in 2003 and to both maize and sorghum in 2004 (Tables 1 and 2). In both kenaf genotypes DM yield increased significantly ($P < 0.05$) in each successive harvest, from 1,320 kg ha⁻¹ at 48 das to 7,653 kg ha⁻¹ at 83 das in 2003 and from 2,690 kg ha⁻¹ at 52 das to 10,869 kg ha⁻¹ on 106 das in 2004. In all harvest dates no significant differences ($P > 0.05$) were found for DM yield between kenaf genotypes. However, when compared to corn and sorghum, kenaf yields were significantly lower ($P < 0.05$). Considering the third harvest in each year, kenaf yield represented between 52.5 and 66.4 % of corn yield and between 62.2 and 73.4 %

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca y características de la calidad de forraje de kenaf y maíz establecidos durante el ciclo de verano de 2003

Table 1. Dry matter yield and forage characteristics for kenaf and corn grown in Summer 2003

	Dry matter yield (kg ha ⁻¹)	Days to harvest	Crude protein (%)	Acid detergent fiber (%)	Neutral detergent fiber (%)
Kenaf Tainung 2	1667 d	48	17.8 ab	27.4 cd	32.5 c
Kenaf Everglades 41	1320 d	48	18.6 a	23.5 d	29.7 c
Kenaf Tainung 2	4408 c	66	14.8 c	37.3 b	42.2 b
Kenaf Everglades 41	4596 c	66	15.8 bc	35.0 b	42.1 b
Kenaf Tainung 2	7653 b	83	10.2 d	51.4 a	60.7 a
Kenaf Everglades 41	6920 b	83	10.5 d	47.4 a	58.7 a
Corn	13179 a	83	7.9 e	31.3 bc	60.5 a

abcde Mean values in each column followed by the same letter are not significantly different (Tukey, $P < 0.05$).

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca y características de la calidad de forraje de kenaf, maíz y sorgo x Sudán nervadura café establecidos durante el ciclo de verano de 2004

Table 2. Dry matter yield and forage quality characteristics for kenaf, corn and brown midrib sorghum x Sudangrass grown in Summer 2004

	Dry matter yield (kg ha ⁻¹)	Days to harvest	Crude protein (%)	Acid detergent fiber (%)	Neutral detergent fiber (%)
Kenaf Tainung 2	2690 d	52	16.7 a	32.5 cd	39.2 b
Kenaf Everglades 41	3431 d	52	16.9 a	37.3 bc	40.8 b
Kenaf Tainung 2	6034 c	74	14.0 b	47.5 a	59.5 a
Kenaf Everglades 41	6296 c	74	13.5 b	46.6 a	56.9 a
Kenaf Tainung 2	10869 b	106	9.8 c	44.9 ab	56.3 a
Kenaf Everglades 41	9212 b	106	9.9 c	47.2 a	58.7 a
Corn	16380 a	106	7.0 d	25.4 d	64.7 a
Brown midrib Sorghum x Sudangrass	14811 a	106	7.5 d	45.6 ab	64.6 a

abcd Mean values in each column followed by the same letter are not significantly different (Tukey, $P < 0.05$).

Se hicieron análisis de varianza para los datos de rendimiento de MS, distribución de MS y características de la calidad de forraje ($P < 0.05$), y para comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Se realizaron análisis de regresión lineal simple ($P < 0.05$) para determinar la relación entre materia seca asignada a hoja y los parámetros de calidad de forraje determinados en kenaf (PC, FDA y FDN). Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS⁽¹⁵⁾.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de materia seca y calidad de forraje

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) en los rendimientos de MS y calidad de forraje de dos genotipos de kenaf cosechados en tres edades en relación a maíz en 2003 y a maíz y sorgo x nervadura café en 2004 (Cuadros 1 y 2). En los dos genotipos de kenaf el rendimiento de MS se incrementó significativamente ($P < 0.05$) en cada cosecha realizada, de 1,320 kg ha⁻¹ a los 48 dds a 7,653 kg ha⁻¹ a los 83 dds en el primer año y de 2,690 kg ha⁻¹ a los 52 dds a 10,869 kg ha⁻¹ a los 106 dds en el segundo año. En todas las edades de cosecha, no se encontró diferencia significativa en rendimientos de MS entre genotipos de kenaf,

of sorghum. The greater yield observed in 2004 could be due to the increase in population density from 180,000 to 500,000 plants ha⁻¹ and especially to the delay in harvest in the three 2004 harvests relative to those of 2003. Dry matter yields obtained in the present study (between 1,320 and 10,869 kg ha⁻¹) was greater than those reported in the USA, between 2,000 and 7,512 kg ha⁻¹ in growing cycles of 76 to 96 d^(3,6,7).

Crude protein concentration in kenaf was higher than in both maize and sorghum in every harvest date ($P < 0.05$), while ADF and NDF concentrations were similar ($P > 0.05$) or lower ($P < 0.05$) in accordance with age and year of evaluation. In 2003 when kenaf harvest was performed at earlier ages than in 2004, ADF concentration in the first and the second harvests were lower or similar to corn and only in the third harvest (83 das) kenaf showed higher values. In 2004, with greater age at harvest, only Tainung 2 kenaf in the first harvest showed ADF concentrations similar to corn, in all other instances it was higher in kenaf, which indicate a lower digestible fiber concentration with regard to corn. Regarding to NDF, kenaf showed lower concentration than both corn and sorghum x sudangrass up to 66 das, and after that age NDF concentration was similar (Tables 1 and 2).

sin embargo, en comparación a maíz y sorgo, los rendimientos de kenaf fueron significativamente menores ($P < 0.05$). Considerando la tercera cosecha en cada ciclo, el rendimiento de MS de kenaf representó entre el 52.5 y 66.4 % del que se obtuvo con maíz y de 62.2 a 73.4 % con respecto a sorgo x Sudán. El mayor rendimiento en el ciclo de 2004 probablemente se debió al incremento en la densidad de población de 180 a 500 mil plantas por hectárea y principalmente a un retraso en las tres cosechas realizadas en 2004 respecto al ciclo anterior. El nivel de rendimiento de MS obtenido en este estudio (1,320 a 10,869 kg ha⁻¹), en general fue superior al obtenido en trabajos realizados en los Estados Unidos de América, en los cuales se obtuvieron de 2,000 a 7,512 kg ha⁻¹ con ciclos de crecimiento de 76 a 96 días^(3,6,7).

El contenido de PC del kenaf fue superior ($P < 0.05$) a maíz y sorgo x Sudán en todas las edades de cosecha, mientras que en FDA y FDN fue igual ($P > 0.05$) o inferior ($P < 0.05$) de acuerdo con la edad y año de evaluación. En 2003, cuando la cosecha de kenaf se realizó en edades más tempranas respecto al ciclo 2004, los valores de FDA en la primera y segunda cosecha fueron inferiores o similares a maíz y sólo en la tercera cosecha (83 dds), kenaf obtuvo un mayor contenido de FDA. En 2004 con un mayor grado de desarrollo sólo kenaf Tainung 2 en la primera cosecha registró valores de FDA similares a maíz; en el resto de

Dry matter distribution and forage quality

In Tables 3 and 4 DM distribution among plant aerial organs in the two kenaf genotypes harvested in three different ages, both in 2003 and 2004 is shown. Only in the first harvest of 2003 (48 das) significant differences ($P < 0.05$) between genotypes can be observed, with a higher DM concentration accumulated in Tainung 2 leaves (53.9 %) than in Everglades 41 (49.5 %). In 2004 leaf percentage at 52 das ranged from 46.7 to 49.1 %. Taking into account delay in harvest, leaf proportion fell to 31.6 % in 2003 and 22.9 % in 2004 at 83 and 106 das, respectively. Dry matter percentage in stem reached its greater value (64.7 %) at 83 das in 2003 and at 74 das in 2004 (68.2 %).

Leaf percentages of 45.5 to 46.6 % obtained at 66 das in 2003 were higher than the 32.0 % reported in another study for Everglades 41 at 61 das⁽¹⁶⁾. In 2004 DM percentages at 74 das (30.5 to 31.5 %) were similar to those reported in the above mentioned study and slightly lower than the 36.2 % found by another author at 76 das⁽⁶⁾. The lower 22.9 % DM proportion seen in leaves at 106 das is very similar to the 26.0 % reported in another study at 161 das harvest⁽¹⁷⁾.

In accordance with regression analysis, CP concentration decreased between 0.25 and 0.36 % for each percentage point of leaf proportion decrease in forage; while the same fall of leaf proportion

Cuadro 3. Distribución de materia seca en los órganos de la parte aérea de dos genotipos de kenaf cosechados en tres edades durante el ciclo de verano de 2003

Table 3. Dry matter distribution among aerial plant organs in two kenaf genotypes harvested at three different ages in Summer 2003

	Days to harvest	Dry matter (%)		
		Stem	Leaf	Reproductive organs
Kenaf Tainung 2	48	46.1 c	53.9 a	0.0
Kenaf Everglades 41	48	50.5 b	49.5 b	0.0
Kenaf Tainung 2	66	53.6 b	45.5 b	1.0 b
Kenaf Everglades 41	66	53.2 b	46.0 b	0.7 b
Kenaf Tainung 2	83	64.7 a	31.6 c	3.8 a
Kenaf Everglades 41	83	64.0 a	32.0 c	4.0 a

abc Mean values in each column followed by the same letter are not significantly different (Tukey, $P < 0.05$).

Cuadro 4. Distribución de materia seca en los órganos de la parte aérea de dos genotipos de kenaf cosechados en tres edades durante el ciclo de verano de 2004

Table 4. Dry matter distribution among aerial plant organs in two kenaf genotypes harvested at three different ages in Summer 2004

	Days to harvest	Dry matter (%)		
		Stem	Leaf	Reproductive organs
Kenaf Tainung 2	52	49.1 ^b	49.1 ^a	1.8 ^c
Kenaf Everglades 41	52	52.8 ^b	46.7 ^a	0.5 ^c
Kenaf Tainung 2	74	68.2 ^a	30.5 ^b	1.4 ^c
Kenaf Everglades 41	74	66.8 ^a	31.5 ^b	1.6 ^c
Kenaf Tainung 2	106	66.2 ^a	23.0 ^c	10.8 ^a
Kenaf Everglades 41	106	69.8 ^a	22.9 ^c	7.3 ^b

abc Mean values in each column followed by the same letter are not significantly different (Tukey, $P < 0.05$).

las cosechas fue mayor en kenaf, lo cual indica una menor proporción de fibra potencialmente digestible respecto a maíz. En cuanto al contenido de FDN, el kenaf mostró valores inferiores a maíz y sorgo x Sudán hasta los 66 dds, posteriormente sus valores fueron similares a estos cultivos (Cuadros 1 y 2).

Distribución de materia seca y calidad de forraje

En los Cuadros 3 y 4 se presenta la distribución de MS en los órganos de la parte aérea de dos genotipos de kenaf cosechados en tres edades durante los ciclos de 2003 y 2004. Sólo en la primera cosecha (48 dds) del primer año se apreció diferencia ($P < 0.05$) entre genotipos, con una mayor proporción de MS almacenada en la hoja en 'Tainung 2' con 53.9 % en comparación al 49.5 % en 'Everglades 41'. En el ciclo 2004 el porcentaje de hoja a los 52 dds fue de 46.7 a 49.1 %. Con el retraso de la cosecha, la proporción de hoja se redujo a 31.6 % en 2003 y 22.9 % en 2004, a los 83 y 106 dds, respectivamente. El porcentaje de MS en el tallo alcanzó su valor máximo de 64.7 % a los 83 dds en 2003 y de 68.2 % a los 74 dds en 2004.

Los porcentajes de hoja de 45.5 a 46 % obtenidos a los 66 dds en 2003 fueron superiores al 32 % consignado en otro estudio con 'Everglades 41' a los 60 dds⁽¹⁶⁾; mientras que en 2004 los porcentajes

increased ADF concentration between 0.51 and 1.06 % and between 0.77 and 1.33 % for NDF (Figure 1). Due to the fact that the greater CP concentration in kenaf is found in leaves^(6,8), protein quality of forage in kenaf is a function of leaf content. Crude protein concentration decreased with harvest age from 18.6 to 10.5 % in 2003 and from 16.9 to 9.9 % in 2004 (Tables 1 and 2). Similar results have been reported by other researchers⁽⁴⁾, a fall from 22.3 % at 40 das to 15.4 % at 101 das, although in the present study CP concentration was lower in the later development stages.

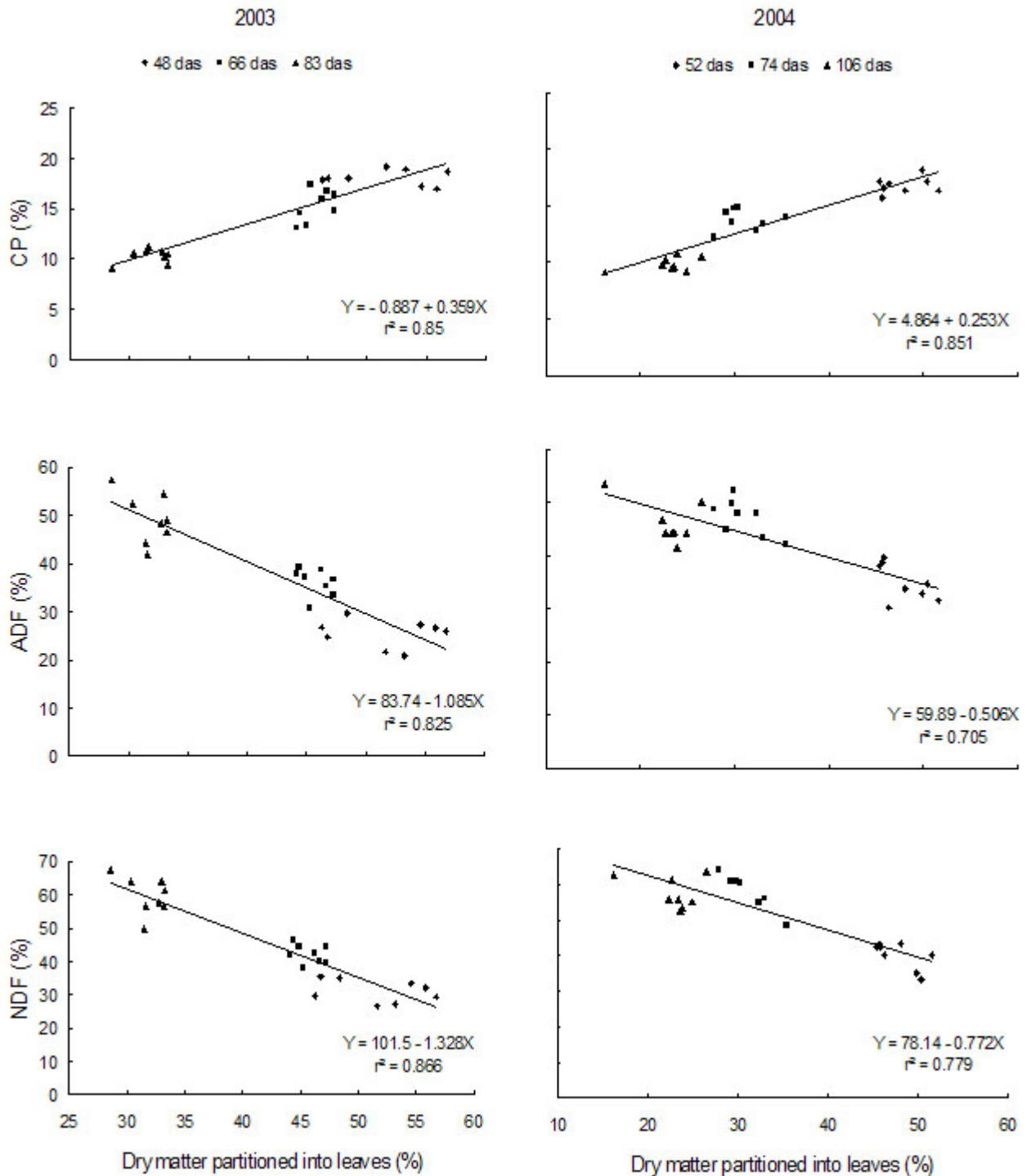
ADF concentration increased with harvest age from 23.5 to 47.4 % in 2003 and from 32.5 to 44.9 % in 2004. NDF concentration showed a similar pattern in response to harvest age, from 29.7 to 58.7 % in 2003 and from 40.8 to 58.7 % in 2004 (Tables 1 and 2). This response was also observed in other studies, where NDF concentration increased from 22.4 % at 30 das to 55.1 % at 105 das, while ADF concentration increased from 17.6 to 41.9 % in the same growing cycle⁽¹²⁾. ADF and NDF concentrations found in the second 2003 harvest (66 das) (Table 1) are similar to those reported by other authors⁽¹⁸⁾ whom report a 42.9 % NDF concentration and a 32.6 ADF concentration in kenaf harvested at 80 das.

Even though DM yield increases with age, it seems important to determine a kenaf growth stage where

RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FORRAJE DE KENAF

Figura 1. Relación entre el porcentaje de la materia seca asignada a las hojas con el contenido de proteína cruda (CP), fibra detergente ácido (FAD) y fibra detergente neutro (NDF) de kenaf cosechado a los 48, 66 y 83 días después de la siembra (das) en 2003, y a los 52, 74 y 106 das en 2004

Figure 1. Relationship between dry matter partitioned into leaves and crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) in kenaf harvested 48, 66 and 83 d after sowing (das) in 2003, and at 52, 74 and 106 das in 2004



de MS en la hoja a los 74 dds (30.5 a 31.5 %) fueron similares a los obtenidos en el estudio mencionado y ligeramente inferiores al 36.2 % encontrado por otro autor al cosechar a los 76 dds⁽⁶⁾. La menor proporción de MS en la hoja de 22.9 % a los 106 dds es similar al 26 % encontrado en un trabajo cosechado los 161 dds⁽¹⁷⁾.

De acuerdo con los análisis de regresión, el contenido de PC se redujo entre 0.25 y 0.36 % por cada unidad porcentual de disminución en el contenido de hoja en el forraje; mientras que en contenido fibroso, la disminución de una unidad porcentual en el contenido de hoja incrementó los valores de 0.51 a 1.08 % en FDA y de 0.77 a 1.33 % en FDN (Figura 1). Dado que el mayor contenido de PC en kenaf se encuentra en las hojas^(6,8), la calidad proteica del forraje de kenaf está en función de su mayor contenido de hoja y menor proporción de tallo. El contenido de PC se redujo con el retraso de la cosecha de 18.6 a 10.5 % en 2003 y de 16.9 a 9.9 % en 2004 (Cuadros 1 y 2). Este comportamiento es similar al consignado por otros autores⁽⁴⁾, quienes encontraron que el contenido de PC decreció de 22.3 % a los 40 dds a 15.4 % a 101 dds, aunque en el presente estudio el nivel de PC fue menor en las etapas más avanzadas de desarrollo.

En contenido de FDA hubo incrementos con la edad de cosecha de 23.5 a 47.4 % en 2003 y de 32.5 a 44.9 % en 2004. Los valores de FDN también aumentaron con la edad de 29.7 a 58.7 % en el primer año y de 40.8 a 58.7 % en el segundo (Cuadros 1 y 2). Este comportamiento ha sido observado en otros estudios, donde el FDN incrementó su valor de 22.4 % a los 30 dds a 55.1 % a los 105 dds; mientras que los valores de FDA en el mismo periodo aumentaron de 17.6 a 41.9%⁽¹²⁾. Los contenidos de FDA y FDN en la segunda cosecha realizada en 2003 (66 dds) (Cuadro 1) fueron similares a los consignados por otros autores⁽¹⁸⁾, quienes encontraron concentraciones de 42.9 % de FDN y de 32.6 % de FDA en kenaf cosechado a los 80 dds.

Aunque el rendimiento de MS se incrementa con la edad, es muy importante encontrar una fase del desarrollo en la cual sea posible alcanzar un buen

a good forage yield can be matched with a leaf content that allows for an acceptable forage quality. Kenaf harvested between 70 and 80 das shows optimal digestibility and nitrogen concentration in stems and maximizes DM proportion in leaves⁽⁴⁾. In the present study the best forage quality was obtained in the first harvest (48-52 das), however, as DM yield was very low, the best alternative for maximizing yield while maintaining an acceptable forage quality, seems to be to harvest forage at the beginning of flowering (66-74 das), where CP, ADF and NDF values hover around 13.5 to 15.8, 35.0 to 47.5 and 42.1 to 59.5 %, respectively.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Kenaf forage quality decreased with age due to a fall in DM proportion in leaves and an increase of the same trait in stems. Results indicate that in order to achieve an adequate balance between yield and forage quality, harvest should be carried out at the beginning of flowering (66 to 74 das). When compared to either corn or sorghum, kenaf matures earlier with higher protein concentration, although showing a lower yield potential and potentially lower digestible fiber concentration due to its higher ADF. These agronomic traits allow characterizing kenaf as an alternative emergency summer forage crop.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank SAGARPA, CONACYT, COFUPRO, PIFSV, Fundación Produce Coahuila A.C and Fundación Produce Durango A.C. for funding the present study.

End of english version

rendimiento y conservar una proporción de hoja que permita obtener una calidad de forraje aceptable. Se ha encontrado que la cosecha de kenaf entre los 70 y 80 dds optimiza la digestibilidad y la concentración de nitrógeno en los tallos y maximiza la proporción de materia seca en las hojas del

forraje total cosechado⁽⁴⁾. En el presente estudio la mejor calidad de forraje se obtuvo en la primera cosecha (48 a 52 dds), sin embargo el rendimiento de MS fue bajo, por lo que la mejor alternativa para maximizar el rendimiento conservando un nivel de calidad de forraje aceptable, es realizar la cosecha al inicio de floración (66 a 74 dds), donde los valores de PC, FDA y FDN oscilan entre 13.5 a 15.8, 35.0 a 47.5 y 42.1 a 59.5 %, respectivamente.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

La calidad de forraje en kenaf se redujo con la edad debido a una disminución en la proporción de MS en la hoja y un incremento de ésta en el tallo. Los resultados indican que para lograr un balance entre el rendimiento y la calidad de forraje, es recomendable realizar la cosecha al inicio de floración (66 a 74 dds). En comparación a maíz y sorgo, el kenaf es un cultivo más precoz y con un mayor contenido proteico, aunque tiene un potencial de rendimiento inferior, así como una menor proporción de fibra potencialmente digestible debido a sus mayores valores de FDA. Estas características agronómicas hacen del kenaf un cultivo alternativo de emergencia, principalmente en siembras de verano.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por SAGARPA-CONACYT-COFUPRO, PIFSV, Fundación Produce Coahuila, A.C. y Fundación Produce Durango, A.C.

LITERATURA CITADA

- Santamaría CJ, Reta SDG, Chávez GJFJ, Cueto WJA, Romero PRJI. Caracterización del medio físico en relación a cultivos forrajeros alternativos. 1^a. ed. Matamoros, Coahuila, México: LibroTécnico Núm. 2. INIFAP-CIRNOC-CELALA; 2006.
- Francois LE, Donovan TJ, Mass EV. Yield, vegetative growth, and fiber length of kenaf grown on saline soil. *Agron J* 1992;84:592-598.
- Nielsen DC. Kenaf forage yield and quality under varying water availability. *Agron J* 2004;96:204-213.
- Phillips WA, McCollum FT III, Fitch CQ. Kenaf dry matter production, chemical composition, and *in situ* disappearance when harvested at different intervals. *Prof Anim Sci* 1999;15:34-39.
- LeMahieu PJ, Oplinger ES, Putnam DH. Kenaf. *Alternative Field Crops Manual*. Univ. Wisconsin-Extension. Cooperative Extension, Univ. of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Products and Minnesota Extension Services. 1991:1-6. [on line] <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/kenaf.html>. Accessed Ago 20, 2007.
- Webber CL III. Crude protein and yield components of six kenaf cultivars as affected by crop maturity. *Ind Crops Prod* 1993;2:27-31.
- Muir JP. Dairy compost, variety, and stand age effects on kenaf forage yield, nitrogen and phosphorus concentration, and utake. *Agron J* 2001;93:1169-1173.
- Swingle RS, Urias AR, Doyle JC, Voigt RL. Chemical composition of kenaf forage and its digestibility by lambs and in vitro. *J Anim Sci* 1978;46:1346-1350.
- Rojas A, Dormond H, Vázquez E. Valor potencial del kenaf (*Hibiscus cannabinus*) para la alimentación de rumiantes en el trópico. *Agronomía Costarricense* 1994;18:141-145.
- Phillips WA, Srinivas CR, Dao TH. Nutritive value of immature whole plant kenaf and mature kenaf tops for growing ruminants. *Proceed Association Advancement of Industrial Crops*. 1989:19-22.
- Phillips WA, Rao SC, Fitch JQ, Mayeux HS. Digestibility and dry matter intake of diets containing alfalfa and kenaf. *J Anim Sci* 2002;80:2989-2995.
- Vinson HW, Swingle RS, Voigt R. Nutritive value and yield of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) grown for forages compared with conventional annual forages. *Proceed Western Sect. Am Soc Anim Sci* 1979;30:194-197.
- Bremner JM. Nitrogen-total. In: Sparks DL editor. *Methods of soil analysis*. Madison, WI. SSSA Book Ser 5. 1996:1085-1121.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74:3583-3597.
- SAS Institute. *SAS user's guide*. Statistics, version 5.0. 5th. Ed. Cary, NC. SAS Inst.; 1985.
- Webber CL III, Bledsoe VK. Kenaf yield components and plant composition. In: Janick J, Whipkey A editors. *Trend in new crops and new uses*. Alexandria, VA: ASHS Press; 2002:348-357.
- Webber CL III. Yield components of five kenaf cultivars. *Agron J* 1993;85:533-535.
- Phillips WA, Rao S, Von Tungeln DL, Fitch GQ. Digestibility of freshly harvested, ensiled, and mature kenaf by sheep. *Prof Anim Sci* 1996;12:99-104.