

Ensayos

Obtención de la variedad de kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) 'Vinkat-3' con su tecnología

Resumen

Durante los últimos 30 años se trabajó en Cuba en un programa de investigación - desarrollo en el cultivo del kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) para la alimentación animal; donde se obtuvo la variedad 'Vinkat-3', insensible al fotoperiodismo y ciclo vegetativo de alrededor de los 76 días, con potencial de rendimiento de biomasa fresca y seca de 117,75 y 15,48 t. ha⁻¹ respectivamente, con 24 % de proteína cruda y con niveles de β -caroteno de 241 mg/kg y de tiamina (B1) 5,6 mg/kg. A dicha variedad se le determinó la tecnología para la producción de biomasa y semilla consistente en fecha de siembra, distancia de siembra entre hileras, densidad de siembra a voleo, altura de corte, edad de corte y número de cortes. La presencia en el suelo de poblaciones nativas de hongos micorrizógenos tuvieron un efecto significativo en el porcentaje de infección de las raicillas de las plantas y en el suelo con las diferentes distancias de siembra.

Abstract

During the past 30 years a research and development program of growing kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) for animal feed has been worked on in Cuba, resulting in the 'Vinkat-3' variety which is unaffected by photoperiodism, has a growth cycle of around 76 days, seed yield potential of fresh and dry biomass of 117,75 t. ha⁻¹ and 15,48 t/ha respectively, 24% crude protein, β -carotene levels of 241 mg/kg and 5,6 mg/kg of thiamine (B1). Seed and biomass production technology was determined for this variety, comprising planting date, planting distance between rows, forecasting application distance, cutting height, cutting age and number of cuts. The presence of native populations of mycorrhizal fungi in the soil had a significant effect on the rate of infection of feeder roots of the plants and soil at different planting distances.

Résumé

Durant ces 30 dernières années, un programme de recherche et développement a travaillé à Cuba sur la culture du kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) pour l'alimentation animale. La variété "Vinkat-3" a été obtenue, insensible à la photopériode et avec un cycle végétatif d'environ 76 jours, un potentiel de rendement de biomasse fraîche et sèche de respectivement 117,75 et 15,48 t. ha⁻¹, avec 24 % de protéine crue et avec des niveaux de β -carotène de 241 mg/kg et de thiamine (B1) 5,6 mg/kg. Pour cette même variété, on a déterminé la technologie pour la production de biomasse et graine en fonction de la date de semilles, de la distance de semilles en rangs, de la densité de semilles à la volée, de la hauteur de coupe, de l'âge de coupe et nombre de coupes. La présence dans le sol de populations natives de champignons mycorrhizogènes a eu un effet significatif sur le pourcentage d'infection des racines des plantes et dans le sol avec les différentes distances de semilles.

* Enrique Vinent Serrano

Palabras clave:

Biomasa, fecha de siembra, hongos micorrizógenos, mejoramiento genético

Introducción

En el campo de la alimentación animal, la lucha mundial a través de todos los tiempos ha sido y es la búsqueda de materia de mayor valor nutritivo, especialmente proteico y de un material vegetativo que lleve aparejado su más factible obtención. El kenaf se adapta perfectamente a las condiciones ecológicas de Cuba, por lo que no requiere de grandes inversiones para obtenerse buenos rendimientos en este cultivo (Vinent et al, 1993).

En el análisis bromatológico efectuado al kenaf ensilado, se observó que la cantidad de proteínas, solo pocas leguminosas de primer orden pueden superarla. En cuanto a fósforo y calcio, los contenidos son altos, siendo buena

* Instituto de Investigaciones Hortícolas
"Liliana Dimitrova"

la relación entre los mismos. Es de resaltar, el alto contenido de caroteno, ya que es sabido su importancia en la nutrición animal, especialmente como elemento de primer orden en la productividad, salud y capacidad reproductiva. Sobre las posibilidades de presencia de alcaloides, saponinas y sapogeninas, se desarrolló una investigación, donde quedó demostrado que esta planta no contiene ninguna de dichas sustancias tóxicas en las hojas, tallos y raíces. En cuanto al contenido de fibra de esta planta y la dinámica del desarrollo de los tejidos en la formación de la fibra, se observó que el contenido de celulosa entre las edades de 50-78 días es bajo, de ahí la explicación de que los análisis bromatológicos sólo a esas edades tengan un contenido de fibra de 16-19 %. Estas cantidades van en aumento hasta llegar a sobrepasar el 50 % (base seca) en un tallo de planta a una edad óptima para ser utilizada en la extracción de fibras (Munilla y Puentes, 1971; Puentes, 1971a y b).

Las características para que una planta pueda ser considerada como planta forrajera para la alimentación animal son las siguientes:

Características imprescindibles (fig. 1):

- Que sea altamente palatable.
- Que no produzca trastorno alguno a los animales y mucho mejor, que su uso sea ilimitado.
- Que tenga un valor nutricional suficientemente alto para que económicamente justifique su uso como pradera artificial.

Características importantes (fig. 2 y fig. 3):

- Alto rendimiento de biomasa
- Un buen rango de adaptación a diferentes medios ecológicos, especialmente suelos y en estos, las características de humedad, profundidad, textura, salinidad.
- Que sea mecanizable.
- Que sea fácil su producción de semilla.

El kenaf, es de bajo costo de producción; es una alternativa para la explotación de una planta no maderable de producciones limpias y sustentables; poco exigente a las atenciones de cultivos, con una alta diversidad de usos potenciales y puede absorber de 3-4 veces más rápido CO_2 y NO_2 que los bosques, es resistente a la sequía, a humedad, a plagas-enfermedades, se desarrolla en una amplia diversidad de suelos y es una planta de alta velocidad de crecimiento (Vincent et al, 2011).

Las pruebas realizadas con cerdos en fase de crecimiento, basándose en dietas de soya, miel rica y complejos minerales y vitamínicos, comparados con la inclusión de la harina de kenaf (planta completa), permiten asegurar, no sólo la aceptabilidad digestiva de estos animales, sino su incremento en indicadores productivos como son: peso final y ganancia media diaria (GMD), cuando se introduce un 10% y un 20% de harina de kenaf sustituyendo soya más miel rica (Vincent et al, 1993; Piloto et al, 1994; Piloto, 1999).



FIGURA 1. PALATABILIDAD DE LA BIOMASA DE LA VARIEDAD KENAF (HIBISCUS CANNABINUS, L) VINKAT-3. FUENTE. VINENT ET AL. 1993



FIGURA 2. COSECHA MANUAL DE LA VARIEDAD DE KENAF (HIBISCUS CANNABINUS, L) VINKAT-3 PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA. FUENTE. VINENT Y FAJARDO 2011



FIGURA 3. COSECHA MECANIZADA DE LA VARIEDAD KENAF (HIBISCUS CANNABINUS, L) VINKAT-3 PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA. FUENTE. KENAF GREEN INDUSTRIES. Seeds@kenafilber.com

El desarrollo de sistemas de producción animal debe orientarse hacia una productividad económica y rentable, que dependa cada vez más de alimentos de bajo costo y fácil manejo. Esto puede lograrse mediante la producción de especies forrajeras de alta calidad en contenido de proteínas, vitaminas, minerales, entre otros y de alto rendimiento. Se debe buscar alternativas que permitan mejorar las dietas de los animales y disminuir el efecto de la época seca, especialmente sobre la producción de leche y carne; por estos antecedentes, fue que se desarrolló un programa de fitomejoramiento genético de este cultivo con el propósito de lograr variedades forrajeras insensibles al fotoperiodismo de alto potencial de rendimiento en biomasa, semillas, altos niveles de proteínas, vitaminas y minerales para la alimentación animal con su tecnología de explotación.

El objetivo del presente trabajo fue obtener una variedad ('Vinkat-3') de kenaf para la alimentación animal con su tecnología para la producción de biomasa y semilla en condiciones de bajos insumos.

Materiales y métodos

Para facilitar que la planta de kenaf pueda disponer del anclaje necesario, debe acondicionarse el suelo hasta no menos de 25-30 cm de profundidad, para lo cual es indispensable darle al suelo el número de labores requeridas en un tiempo no menor a 90 días, con lo que se obtiene una mejora de las condiciones físicas del suelo y elimina el mayor número posible de nemátodos en caso de infestación de este parásito.

1. Proceso seguido en la obtención de la variedad de kenaf 'Vinkat-3'

El método de mejoramiento genético para la obtención de la variedad de kenaf 'Vinkat-3', fue las cruces y selección genealógica. Una vez seleccionada y caracterizada esta variedad, se realizó el estudio del ciclo vegetativo para determinar la fecha de siembra y cosecha óptima para la producción de biomasa y semilla y la determinación de la respuesta al fotoperiodismo bajo las condiciones edafoclimáticas de Cuba, este estudio se desarrolló mediante siembras realizadas los días 15 de cada mes, tomando el tiempo transcurrido desde la germinación a la antesis de la primera flor, en ese mismo momento se midió la altura de la planta, desde el suelo hasta la primera flor

abierta. Estas siembras se realizaron durante tres años consecutivos y se le aplicó riegos complementarios en los casos que fueron necesarios. Además, se realizó una prueba de concursantes con cinco cultivares forrajeros de kenaf, en la que se incluyó la variedad 'Vinkat-3', la siembra se realizó en el mes de mayo con la distancia de siembra de 30 x 5 cm, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas durante tres años consecutivos.

2. Determinación de la tecnología de producción de biomasa y semilla de la variedad de kenaf 'Vinkat-3'

El potencial de rendimiento de biomasa y semilla fue determinado bajo condiciones de riego en siembras realizadas en el mes de mayo durante tres años consecutivos con diferentes distancias de siembra (30 x 5 cm, 40 x 5 cm y 50 x 5), con una altura de corte de 50 cm medida desde el suelo, el número de cortes fue de 3 realizados cada 50 días; se usó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas.

Para determinar la tecnología de explotación de la variedad 'Vinkat-3' en condiciones de bajos insumos, fue necesario desarrollar durante tres años consecutivos estudios integrados de distancia de siembra (30, 40 y 50 cm entre hileras y 5 cm entre plantas aproximadamente), alturas de corte (40, 50 y 60 cm), número de cortes (1, 2 y 3) en un diseño experimental de parcelas divididas, subdivididas y la edad de corte (40, 50, 60 y 70 días después de la germinación) en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro réplicas durante tres años consecutivos en período lluvioso (mayo-octubre) sin riegos complementarios. También se determinó el efecto de las distancias de siembra y las alturas de corte en el incremento de infección con poblaciones nativas de hongos micorrizógenos asociados a sus sistemas radicales y la repercusión que estos pudieran tener sobre los rendimientos de biomasa, proteína cruda y semilla. Los niveles medios de fertilizante aplicado fueron 60 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, 80 kg. ha⁻¹ de P₂O₅ y 80 kg. ha⁻¹ de K₂O aplicado en un suelo Ferralítico Rojo Hidratado (Hernández et al, 1999 y Vinent et al, 1993) donde se desarrollaron los experimentos en el período lluvioso (mayo-octubre), cuyas lluvias fueron suficiente para el desarrollo del cultivo en sus diferentes variantes tecnológicas.

Resultados y discusión

1. Proceso seguido en la obtención de la variedad de kenaf 'Vinkat-3'

En la figura 4 se observa el esquema del método de fitomejoramiento de cruza y selección por genealogía del proceso seguido en la obtención de la variedad de kenaf 'Vinkat-3'. A continuación se describen los pasos utilizados en dicho proceso.

- Se usaron las líneas 'L-3071' x 'L-1001' procedentes del programa de fitomejoramiento, siguiendo la técnica más adecuada de emasculación y polinización para esta especie. También se realizó la cruce recíproca.
- En el segundo ciclo agrícola se sembraron las semillas de la cruce para obtener la generación F1.
- En el tercer ciclo agrícola se sembraron las semillas de la F1 y se obtuvo la población de plantas F2. En este ciclo se realizó una rigurosa selección individual (20 plantas) de acuerdo a las características deseadas en los genotipos como, buena cantidad de follaje, entrenudos cortos, ciclos vegetativos largos y plantas resistentes a las principales enfermedades que atacan a este cultivo. Estas selecciones fueron enumeradas del 1 al 20 y registradas convenientemente.

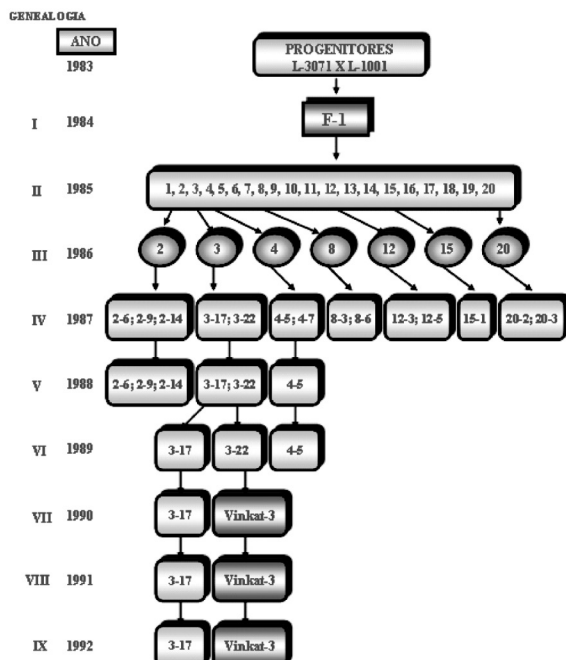


FIGURA 4. ESQUEMA DEL PROCESO SEGUIDO EN LA OBTENCIÓN DE LA VARIEDAD KENAF VINKAT-3. FUENTE. VINENT, 2011

- En el cuarto ciclo agrícola se sembraron 20 surcos con las semillas de las 20 plantas seleccionadas (planta/surco). Dentro de cada surco se seleccionaron las plantas que manifestaron la máxima expresión de los caracteres buscados. Se seleccionaron un total de 7 surcos después de hacer selección dentro de los surcos; en cada uno de ellos se enumeraron las plantas del 1 al 22 y se registraron las familias con sus características.
- Las plantas seleccionadas se sembraron en el quinto ciclo agrícola bajo el mismo sistema de surco por planta; se realizó selección entre y dentro de los surcos en la generación F4 y así se continuó con la misma metodología hasta la generación F6, en la que se fijaron y homogeneizaron los caracteres del ideotipo deseado.
- Estas líneas puras se sometieron a ensayos de rendimientos, ciclos biológicos y estudios fitotécnicos, presentándose en la segunda fase los resultados del ciclo biológico.

Morfología y estabilidad fenotípica e la variedad de kenaf 'Vinkat-3'

Esta variedad se distingue por tener las hojas enteras, el tallo morado, matizado en verde hacia la base, peciolo morados sólo en la parte ventral y los entrenudos cortos. La flor y su estructura corresponden a la especie *Hibiscus cannabinus*, L (fig. 5).

El análisis de estabilidad fenotípica realizado a las variedades 'Vinkat-3' y 'Katuca-2' (usada como testigo) respecto a su ciclo vegetativo, para su determinación fue necesario realizar siembras durante los 12 meses del año en tres años consecutivos, ambas variedades fueron estables, por no diferir significativamente el valor medio de su ciclo vegetativo y las cápsulas logradas en ninguno de los meses de siembra, a una probabilidad del 1 % (tabla 1). En sentido general, los ciclos vegetativos de las variedades sufrieron poca variación durante los meses de siembra, lo que indica la poca influencia que tuvo el fotoperiodo sobre la duración del ciclo vegetativo de las mismas, por lo que se atribuyen esas ligeras tendencias al efecto de la temperatura y la humedad (lluvia), factores que de forma combinada ejercieron un cierto efecto en el desarrollo vegetativo de las variedades en el periodo de mayor precipitación y temperatura.



FIGURA 5. MORFOLOGÍA DE LA VARIEDAD DE KENAF (HIBISCUS CANNABINUS, L) VINKAT-3. FUENTE: VINENT Y FAJARDO 2011

Primera prueba de concursante realizadas a cultivares de kenaf para la producción de biomasa con destino a la alimentación animal

Se encontraron diferencias significativas entre las variedades en cuanto al peso de la biomasa fresca y las hojas más los cogollos, tanto en el primero como en el segundo corte. Se lograron los valores máximos con las variedades 'Katuca-2' y 'Cuba-2030'; además, no existieron diferencias entre el primero y segundo corte, en lo referente a estos aspectos. También hubo diferencias, en el primer corte solamente, entre las variedades, en el porcentaje de proteínas, sin que se encontrara un efecto entre las variedades en el segundo corte, ni en la media del primero más el segundo. En lo referente a la materia seca, sí hubo un efecto de las variedades en el primero y segundo corte, así como con respecto a sus medias. En cuanto a los valores alcanzados en estos aspectos biológicos por las variedades, el máximo valor de proteínas se obtuvo en el primer corte con la variedad

'Katuca-2' y el mínimo con la 'Cuba 977';

se hallaron además, valores superiores en el segundo corte con esta última variedad, e inferiores con la 'Katuca-2'. Del mismo modo se aprecia que los valores máximos de la materia seca se obtuvieron con las variedades 'Katuca-2' y la 'Cuba 2030' y los menores con la 'Cuba 977' (tablas 2 y 3).

El diámetro del tallo fue máximo en las variedades 'Katuca-2', 'Cuba 2030' y 'Katuca-1', en el primer corte, mientras que

Variedad	Ciclo vegetativo			Cápsulas logradas		
	x	r	E.S. medias	X	r	E.S. medias
'Vinkat-3'	76,43 ns	0,900	0,125	41,83 ns	0,868	0,129
'Katuca-2'	81,33 ns	0,924	0,085	58,25 ns	0,636	0,250

x= valor medio del ciclo vegetativo y cápsulas logradas, r= coeficiente de determinación, ES= Error estándar de las medias

TABLA 1. ESTABILIDAD FENOTÍPICA DE DOS VARIEDADES DE KENAF. FUENTE: VINENT ET AL, 1993

Variedades	Biomasa fresca por corte		Hojas + cogollo por corte	
	Primero	Segundo	Primero	Segundo
'Katuca-2'	25740 a	25799 a	10624 a	10666 b
'Cuba 2030'	22315 a	22683 a	8945 ab	9130 ab
'Cuba 1001'	17087 b	17526 b	6491 b	6575 c
'Katuca-1'	15609 b	15767 b	6765 b	7575 bc
'Cuba 977'	15056 b	14492 b	7690 b	5750 c
E.S. medias	16,8**	17,3**	62,1*	7,1**

Medias en una misma columna con letras diferentes difieren a P < 0,05 según test de Rangos Múltiples de Duncan

TABLA 2, RENDIMIENTO DE BIOMASA POR CORTE DE VARIEDADES DE FORRAJERAS DE KENAF (KG. HA⁻¹). FUENTE: VINENT Y VIERA, 1988

Variedades	Proteína cruda (b.s.) por corte (%)			Materia seca por corte (%)		
	Primero	Segundo	Media	Primero	Segundo	Media
'Katuca-2'	26,00 a	20,78	23,39	14,18 a	14,50 a	14,34 a
'Cuba 2030'	23,05 b	20,48	21,77	14,25 a	14,08 a	14,17 a
'Cuba 1001'	24,10 b	20,10	22,10	13,50 b	13,55 b	13,52 b
'Katuca-1'	24,12 b	21,27	22,70	13,91 b	13,60 b	13,76 b
'Cuba 977'	22,89 b	25,10	24,00	13,47 c	12,87 c	13,17 c
E.S. media	0,295*	1,033 ^{ns}	0,545 ^{ns}	0,045*	0,171*	0,079*

Medias en una misma columna con letras diferentes difieren a P < 0,05 según test de Rangos Múltiples de Duncan

TABLA 3. VALORES DE CINCO VARIEDADES FORRAJERAS DE KENAF. FUENTE: VINENT Y VIERA, 1988

en el segundo fue máximo en la 'Katuca-2'. Resultaron así mismo diferentes las variedades en los dos cortes y en promedio, en lo referente a la longitud de los entrenudos, el diámetro y la altura de las plantas (tabla 4). Los valores mínimos de la longitud de los entrenudos se obtuvieron con la variedad 'Katuca-1' en los dos cortes y su media, y el máximo en el primer corte de la variedad 'Cuba 1001'; en el segundo corte el valor máximo fue para la variedad 'Cuba 977'. Es bueno destacar que la presencia de entrenudos largos es un carácter muy importante que se tiene en cuenta para seleccionar una variedad para la producción de fibra, lo que se realiza de manera inversa en la selección de variedades productoras de forraje. El mayor grosor o diámetro del tallo, y su altura, se obtuvieron en la variedad 'Katuca-2' y los menores fueron para la variedad 'Cuba 977'. A pesar de que la mayor longitud en entrenudos es un carácter negativo en la selección para forraje, es posible obtener variedades con entrenudos intermedios y de una gran producción de biomasa fresca.

Segunda prueba de concursante en cultivares forrajeros de kenaf seleccionados

En la tabla 5 se observa que las cuatro primeras variedades ('Katuca-2', 'Katuca-2a', '3-17', y 'Vinkat-3'),

no difirieron significativamente entre ellas, pero sí de la variedad '4-5' en los aspectos biológicos, rendimiento de biomasa fresca total y biomasa foliar; se encontró que los valores mayores se obtuvieron con las cuatro primeras variedades ('Vinkat-3', 'Katuca-2a', 'Katuca-2' y '3-17') y la menor con la '4-5'. Los valores mínimos y máximos de estos cultivares están entre 77 y 99.8 t. ha⁻¹ de rendimiento de biomasa total. La cantidad de forraje oscila entre 20 y 70 t. ha⁻¹, entre las edades de 45 y 75 días en variedades productoras de fibras. Referente al desarrollo vegetativo (altura y diámetro) se encontró que el mayor desarrollo se logró con la variedad 'Katuca-2', utilizada como control. Se estima que esta variedad, para alcanzar buenos rendimientos, lo hace con el aumento de la altura y diámetro, lo que se traduce en un aumento del rendimiento en tallos sin biomasa foliar sobre el resto de los cultivares..

Los resultados obtenidos del análisis foliar y porcentaje de materia seca (tabla 6), indicaron que las participaciones de los elementos: P₂O₅, K₂O, Ca, Mg y proteína cruda sufrieron poca variación en los diferentes cultivares, así como el Co y el Zn, que se comportaron de forma similar. Se observó variación en el Fe (264-460 ppm) y en el Mn (113-177 ppm).

Variedades	Longitud de los entrenudos (mm) por corte		Diámetro de la planta (mm) por corte		Altura de la planta (cm) por corte	
	Primero	Segundo	Primero	Segundo	Primero	Segundo
'Katuca-2'	25,50 c	38,75 ab	7,75	6,75 a	119,25 a	126,50 a
'Cuba 2030'	30,00 b	36,50 ab	7,75	4,00 c	100,50 b	105,00 b
'Cuba 1001'	50,00 a	34,25 b	7,25	5,25 b	100,50 b	103,00 c
'Katuca-1'	22,75 d	25,75 c	7,75	4,25 c	99,75 b	104,25 b
'Cuba 977'	30,00 b	40,25 a	5,75	4,25 c	93,00 c	97,75 d
E.S. medias	0,7***	1,7**	0,5ns	0,2**	0,3**	0,4***

Medias en una misma columna con letras diferentes difieren a P ≤ 0,05 según test de Rangos Múltiples de Duncan.

TABLA 4. DESARROLLO VEGETATIVO DE LAS VARIEDADES DE KENAF. FUENTE: VINENT Y VIERA, 1988

Variedades	Biomasa fresca (t. ha ⁻¹)		Desarrollo vegetativo	
	Total	Hoja + cogollo	Altura (cm)	Diámetro (mm)
'Katuca-2'	95,8 a	48,2 a	138,0 a	8,3 a
'Katuca-2a'	99,4 a	49,4 a	135,8 a	7,5 b
'3-17'	95,4 a	54,2 a	123,5 b	7,5 b
'Vinkat-3'	99,8 a	54,0 a	126,9 b	7,8 ab
'4-5'	77,0 b	40,4 b	125,6 b	7,9 ab
E.S. medias	5,335**	2,533**	2,200**	0,154*

Medias en una misma columna con letras diferentes difieren a P ≤ 0,05, según la Prueba de Rangos Múltiples de Newman keul's.

TABLA 5. RENDIMIENTO Y DESARROLLO VEGETATIVO DE LA PLANTA. FUENTE: VINENT, 1992

Variedades	Proteína cruda	%				PPM			
		P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Fe	Mn	Co	Zn
'Katuca-2'	23	0,24	4,05	1,20	0,30	412	127	13	14
'Katuca-2a'	23	0,24	4,08	1,28	0,30	302	129	13	37
'3-17'	23	0,26	3,79	1,21	0,30	460	145	13	41
'Vinkat-3'	23	0,22	4,14	1,01	0,31	264	177	10	37
'4-5'	22	0,26	4,05	1,01	0,30	279	113	13	38

TABLA 6. ANÁLISIS QUÍMICO Y PORCENTAJES DE MATERIA SECA DEL RENDIMIENTO DE BIOMASA FRESCA TOTAL Y SUS COMPONENTES. FUENTE: VINENT, 1992

Fecha de siembra óptima para la producción de biomasa y semilla de la variedad de kenaf 'Vinkat-3'

La fecha de siembra es un factor muy importante a la hora de definir una estrategia de producción de biomasa y semilla, pues en dependencia de su acertada elección o no, así serán los resultados obtenidos. El efecto combinado de la temperatura y humedad (lluvia), influyó en el desarrollo vegetativo y en la producción de biomasa y semilla de esta variedad. Si el propósito es la producción de biomasa para la alimentación animal, los más altos rendimientos se obtienen con las siembras de abril-julio, mientras que si es para la producción de semilla, el periodo óptimo está comprendido entre los meses de agosto-octubre, porque en esos meses la cosecha de la semilla se realiza en el periodo poco lluvioso (Vincent et al, 2010).

2. Determinación la tecnología de producción de biomasa y semilla de la variedad de kenaf 'Vinkat-3'

Distancia óptima de siembra de la variedad de kenaf 'Vinkat-3' para la producción de biomasa bajo condiciones de riego

Los rendimientos totales alcanzados con las diferentes distancias de siembra (10 x 5 cm, 20 x 5 cm, 30 x 5 cm y 40 x 5 cm) se presentan en la figura 6, donde se observa que los mayores valores se obtienen con la distancia de 30 x 5 cm y 40 x 5 cm.

Distancia óptima de siembra de la variedad de kenaf 'Vinkat-3' para la producción de biomasa, proteína cruda y semilla

La tabla 7 muestra los rendimientos de biomasa fresca y seca, proteína cruda de la planta completa (P.C.), de la hoja más cogollo (H+C) y la semilla, en ella se puede observar una clara diferenciación estadística en estos indicadores. Los mayores rendimientos fueron obtenidos con las dos primeras

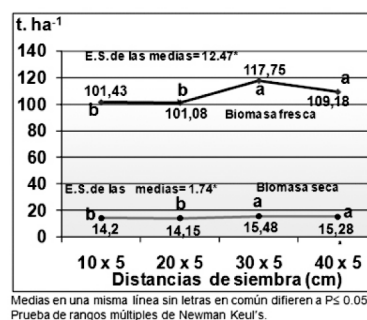


FIGURA 6. EFECTO DE LAS DISTANCIAS DE SIEMBRA EN LOS RENDIMIENTOS DE BIOMASA DE LA LIBERACIÓN DE LA VARIEDAD KENAF VINKAT-3. FUENTE. VINENT ET AL, 1993

distancias (30 y 40 cm), no encontrándose diferencias significativas entre ellas, excepto la semilla, la que fue superior estadísticamente en la distancia menor (30 cm); este experimento se desarrolló en el periodo mayo-octubre durante tres años consecutivos sin riego complementario.

Efecto en los rendimientos de semilla por la interacción distancia de siembra por corte en la variedad de kenaf 'Vinkat-3'

Otro estudio fue la determinación del efecto en los rendimientos de semilla por la interacción distancia de siembra por corte. Existió una clara diferenciación estadística, evidenciándose que los mayores rendimientos de semilla fueron obtenidos en el primer corte con la distancia de siembra de 30 cm y los menores en el segundo corte en todas las distancias de siembra. Esta situación la atribuimos a que las plantas logran alcanzar mayor desarrollo vegetativo cuando se corta una vez, que cuando se corta dos veces por tener la misma una fase vegetativa mayor y acumular mayores reservas, lo que permitió desarrollar mayor espiga floral (fig. 7), este experimento se desarrolló en el periodo (mayo-diciembre) durante tres años consecutivos sin riego complementario.

Distancias (cm)	Biomasa				Proteína cruda		Semilla
	Fresca		Seca		P.C.	H+C	
30	48ab	22ab	6,4ab	2,8ab	1,32a	0,63a	1,21a
40	50a	23a	6,9a	3,0a	1,34a	0,66a	1,01b
50	43b	20b	5,8b	2,4b	1,09b	0,52b	1,01b
E.S. de las medias	0,74**	0,95*	0,24*	0,06***	0,02**	0,01***	0,03***

Medias en una misma línea sin letras en común difieren a P ≤ 0,05. Prueba de rangos múltiples de Newman Keul's.
TABLA 7. EFECTO DE LAS DISTANCIAS DE SIEMBRA EN LOS RENDIMIENTOS (T. HA⁻¹). FUENTE: VINENT ET AL, 1993

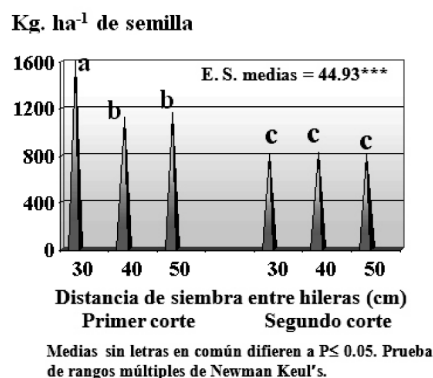


FIGURA 7. EFECTO DE LA EDAD INTERACCIÓN POR DISTANCIA DE SIEMBRA. FUENTE. VINENT ET AL, 1993

Densidad de siembra a voleo de la variedad de kenaf ‘Vinkat-3’ para la producción de biomasa

Los resultados alcanzados en los estudios para determinar la densidad de siembra a voleo se presentan en la tabla 8; se observa que con las densidades medias se obtienen valores de rendimientos de biomasa que no difieren de las dosis más altas, aspecto este que se debe considerar para disminuir los volúmenes de semillas. Se recomienda la densidad de siembra de 27,10 kg. ha⁻¹ de semilla, hay que destacar que este experimento se

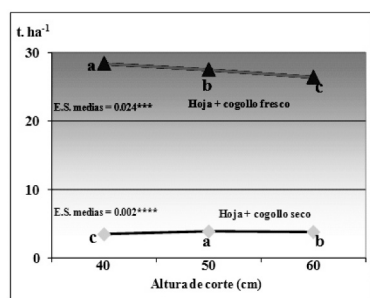
desarrolló en el periodo mayo-octubre durante tres años consecutivos sin riego complementario.

Altura de corte de la variedad de kenaf ‘Vinkat-3’ para la producción de biomasa

Referente a la altura de corte, los mayores valores de biomasa fresca (Hoja + Cogollo) se obtuvieron con la altura de 40 cm y en biomasa seca (Hoja + Cogollo) con la altura de 50 cm (fig. 8); por lo que se recomienda realizar los cortes a 50 cm del suelo. Este experimento se desarrolló en el periodo mayo-octubre durante tres años consecutivos sin riego complementario.

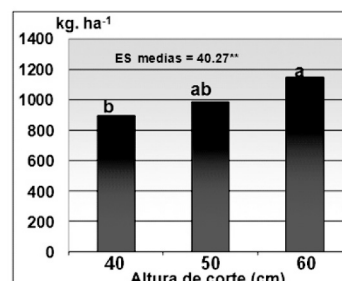
Efecto de la altura corte de la variedad de kenaf ‘Vinkat-3’ en los rendimientos de semilla

Se encontró también diferencias significativas con las alturas de corte en el rendimiento de semillas, observándose, que a medida que fueron aumentadas éstas, se incrementaron los rendimientos, obteniéndose los mayores valores con las alturas de 50 y 60 cm, no existiendo diferencias significativas entre las mismas (fig. 9) parece ser que existe gran influencia positiva del tamaño del tallo cortado, con el desarrollo posterior



Medias en una misma línea sin letras en común difieren a P ≤ 0.05. Prueba de rangos múltiples de Newman Keul's.

FIGURA 8. EFECTO DE LA ALTURA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO DE LA HOJA + COGOLLO FRESCA Y SECA DE LA VARIEDAD DE KENAF VINKAT-3. FUENTE. VINENT ET AL, 1993



Medias sin letras en común difieren a P ≤ 0.05. Prueba de rangos múltiples de Newman Keul's.

FIGURA 9. EFECTO DE LA ALTURA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO DE LA SEMILLA DE LA VARIEDAD DE KENAF VINKAT-3. FUENTE. VINENT ET AL, 1993

Densidades (kg. ha ⁻¹ de semilla)	Rendimiento en t.ha ⁻¹					
	Biomasa fresca por corte			Biomasa seca por corte		
	Primero	Segundo	Total	Primero	Segundo	Total
13,50	34,6 b	20,0 b	54,6 c	4,8 b	2,8 b	7,6 c
20,30	39,7 a	19,4 b	59,1 bc	5,6 a	2,7 b	8,3 bc
27,10	41,7 a	23,8 ab	65,3 abc	5,8 a	3,3 ab	9,1 abc
33,80	43,2 a	23,7 ab	66,9 abc	6,1 a	3,3 ab	9,4 abc
40,60	43,6 a	28,7 ab	72,3 ab	6,1 a	4,0 ab	10,1 ab
47,40	45,0 a	31,6 ab	76,6 a	6,4 a	4,4 ab	10,8 a
54,20	46,6 a	32,9 a	79,5 a	6,5 a	4,6 a	11,1 a
E. S. X	5,25***	9,61***	11,55***	0,79***	1,34***	1,61***

Medias en una misma línea sin letras en común difieren a P ≤ 0.05. Prueba de rangos múltiples de Newman Keul's.

TABLA 8. DENSIDAD DE SIEMBRA A VOLEO DE LA VARIEDAD ‘VINKAT-3’ PARA PRODUCCIÓN DE BIOMASA. FUENTE: VINENT Y FAJARDO, 1998

de las ramas, donde se desarrollarán las semillas, quizás sea influido por la cantidad de metabolitos presentes en el tallo; este experimento se desarrolló en el periodo mayo-octubre durante tres años consecutivos sin riego complementario.

Efecto de la distancia de siembra y altura en los porcentajes de infección y densidad visual de micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) en raicillas colonizadas y suelos

En un pastizal con dominancia de *Panicum maximum* (Hierba de Guinea) que se estableció sobre un suelo Ferralítico Rojo Hidratado, se hizo un muestreo de suelo para caracterizar cualitativa y cuantitativamente las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) _ nativas. La caracterización se realizó a través de la determinación de los porcentajes de raicillas colonizadas (11.5 %) y el número de esporas presentes en el suelo (1 266 esporas/100 g de suelo).

Sobre la base de estos resultados, los porcentajes de raicillas de MVA y las poblaciones de esporas de Glomales existentes, fueron considerados como adecuados para la micorrización del kenaf, por lo que encaminamos las investigaciones en este campo, a conocer la efectividad y posible infectividad de las poblaciones naturales de las micorrizas VA en este cultivo.

La tabla 6 muestra como el porcentaje de infección de las raicillas, en relación con la distancia de siembra, difieren significativamente, obteniéndose los mayores valores a 30 cm de distancia, aunque ésta no difiere de la de 40 cm. Esta misma tabla nos da una clara idea de cómo, en la medida que aumenta la distancia entre hileras disminuyen los porcentajes de infección, desde el punto de vista microbiológico este hecho puede explicarse ya que, al aumentar la densidad de siembra, se facilita el proceso de infección de las raicillas por los hongos micorrizógenos, debido

a que la cercanía de los sistemas radicales de las plantas debe provocar un aumento en la reinfección de las raicillas, este principio es usado por muchos especialistas para la producción de inóculo a diferentes escalas. Aunque, no significativa, igual tendencia se observa en esa tabla con los porcentajes de densidad visual (% DV), valores éstos que dan referencia acerca de la densidad de la infección MVA en raicillas.

Estos valores resultaron más elevados en las distancias de 30 y 40 cm, no siendo así para 50 cm, donde se observa una caída, por lo cual se pudo demostrar que estas variables están asociadas entre sí con un coeficiente de regresión de $r=0.34^*$.

También se observa que para todas las alturas de corte estudiadas, los porcentajes de infección no difieren estadísticamente, siendo mayor en la altura de 50 cm; sin embargo, en esa misma tabla se aprecia que a pesar de no resultar significativos los porcentajes de densidad visual para todas las alturas de cortes se observó una tendencia, de incrementarse el mismo, aunque los menores valores se obtuvieron cuando más bajo se cortaron las plantas (40 cm), todo lo cual pudiera estar relacionado con determinados procesos fisiológicos que ocurren en la misma después del corte, los que inciden de una u otra forma (mayor o menor altura de corte) en esta simbiosis (tabla 9).

Por otra parte, se encontró que existe una tendencia a aumentarse los porcentajes de infección radical y densidad visual de hongos VA con el aumento de la densidad de siembra, lo que nos indica, que a pesar de existir una gran densidad de plantas, factor el cual pudiera afectar los rendimientos, éstos se ven compensados por el aumento de colonización de hongos micorrizógenos, los cuales hacen que en su conjunto se vean favorecidas las plantas que se desarrollan en ésta área de alta densidad y bajos niveles de fertilización.

Distancia de siembra (cm)	%		Altura de corte (cm)	%	
	Infección	D. V.		Infección	D. V.
30	55,10 a	11,30	40	49,80	9,80
40	48,02 ab	11,20	50	54,00	11,00
50	45,01 b	9,50	60	47,00	11,20

Medias en una misma columna sin letras en común difieren a $P \leq 0,05$. Prueba de rangos múltiples de Newnam keul's.

TABLA 9. PORCENTAJES DE INFECCIÓN Y DENSIDAD VISUAL (D.V.). FUENTE: VINENT ET AL, 1998

Efecto de la cantidad de cortes en los rendimientos de biomasa, proteína cruda y semilla

En relación con la cantidad de cortes efectuados cada 50 días se evidenció claramente la alta diferenciación estadística existente, referente a la biomasa fresca y seca de la planta completa (P.C.) y de las hojas más el cogollo (H + C). También se encontró diferencia significativa en la proteína cruda en estos aspectos biológicos; así como en la cantidad de semilla producida. Los mayores rendimientos de biomasa y proteína se lograron en el segundo corte (tabla 7)

Por otro lado al analizar los rendimientos obtenidos en el tercer corte se evidenció claramente que los mismos fueron extremadamente bajos. Esta situación se le atribuyó a que ya en ese último corte la planta se estaba envejeciendo fisiológicamente; trayendo como consecuencia una fase reproductiva temprana de la planta con muy poca reserva en el tallo incapaz de estimular el desarrollo de ramas vigorosas; correspondiendo básicamente la edad fisiológica de las pocas ramas rebrotadas con la morfológica. Otras de las causas es que en ese período disminuyeron sustancialmente las precipitaciones, las que unidas a la escasa reserva presente en el tallo y a la avanzada edad del mismo (más de 150 días), hicieron a la planta susceptible frente al ataque de enfermedades; las que provocaron la muerte de una gran parte de ellas. (tabla 10). Hay que destacar que este experimento se desarrolló en el periodo mayo-octubre durante tres años consecutivos sin riego complementario.

Efecto de los cortes en el rendimiento de biomasa y el porcentaje de materia seca en la variedad de kenaf Vinkat-3

La figura 10 muestra la producción de biomasa de la planta completa en cada corte realizado a la variedad de kenaf Vinkat-3 con la distancia de siembra de 30 x 5 cm y a la altura de corte de 50 cm del suelo; existió

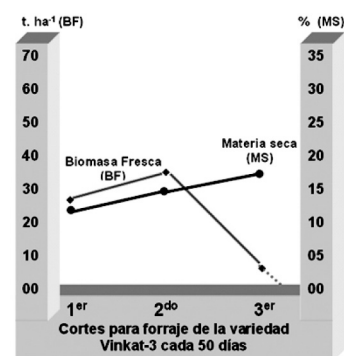


FIGURA 10. EFECTO DE LOS CORTES EN EL RENDIMIENTO DE LA BIOMASA (BF) Y DE MATERIA SECA (MS). FUENTE. VINENT ET AL, 1993

una clara diferenciación del rendimiento de biomasa fresca y materia seca entre cortes, evidenciándose que el mayor rendimiento de biomasa fresca se obtuvo en el segundo. Esta situación la atribuimos a que las plantas logran alcanzar mayor desarrollo vegetativo cuando se le realiza el primer corte. También se demostró que existió una tendencia a incrementarse el porcentaje de materia seca con los cortes sucesivos de la planta; éstos obedecen al aumento de la fisiología de la planta. Hay que destacar que este experimento se desarrolló en el periodo (mayo-octubre) durante tres años consecutivos sin riego complementario.

Efecto de la edad de corte en la variedad de kenaf Vinkat-3

En la tabla 11 se refleja el efecto de la edad de cortes sobre los rendimientos de biomasa fresca y seca y proteína cruda. En la misma se observa que existe una clara diferenciación con los diferentes cortes (40, 50, 60 y 70 días después de la germinación) encontrándose que, a medida que aumentó la edad de corte, los rendimientos de biomasa verde y proteína cruda aumentaron también, y disminuyó el rendimiento en semilla obteniéndose los valores mayores en este indicador con las edades de 40 y 50 días respectivamente.

Cortes	Biomasa fresca		Biomasa seca		Proteína cruda		Semilla
	P.C.	H+C	P.C.	H+C	P.C.	H+C	
1er	25 b	12 b	2,6 b	1,4 b	0,5 b	0,3 ab	1,6
2do	31 a	14 a	4,5 a	1,7 a	0,9 a	0,4 a	0,8
3ro	5 c	1 c	2,0 c	0,7 c	0,4 b	0,2 b	-
E.S. medias	0,33***	0,33***	0,06***	0,06**	0,03*	0,03*	0,04*

Medias en una misma columna sin letras en común difieren a $P \leq 0,05$. Prueba de rangos múltiples de Newnam keul's.
TABLA 10. EFECTO DE LOS CORTES EN LOS RENDIMIENTOS (T. HA-1). FUENTE: VINENT ET AL, 1993

Edad de corte	Biomasa fresca		Biomasa seca		Proteína cruda		Semilla
	P. C.	H+C	P. C.	H+C	P. C.	H+C	
40	10 d	10 d	1,4 d	1,4 d	0,28 d	0,28 d	1,4 a
50	24 c	16 c	3,0 c	2,0 c	0,60 c	0,40 c	1,1 b
60	37 b	20 b	4,7 b	2,4 b	0,67 b	0,53 b	0,5 c
70	49 a	25 a	6,2 a	3,4 a	0,89 a	0,75 a	0,4 d
E.S. de las medias	0,04***	0,02***	0,02***	0,02***	0,002***	0,002***	0,02***

Medias en misma columna sin letras en común difieren a $P \leq 0,05$, Test de Newman Keul's
 TABLA 11. EFECTO DE LA EDAD DE CORTE (DÍAS) EN LOS RENDIMIENTOS DE BIOMASA FRESCA Y SECA, PROTEÍNA CRUDA Y SEMILLA (T. HA-1). FUENTE: VINENT ET AL, 1993

En la figura 11, se refleja el efecto de la edad de corte en el porcentaje de fibra bruta (F.B.) presente en la biomasa de la planta completa y en las hojas más los cogollos (H+C). Se observa que existe una tendencia a incrementar el porcentaje de fibra bruta en la biomasa de la planta completa por encima de los niveles tolerados por los animales al consumir esta biomasa con el incremento de la edad de corte a partir de los 60 días. A partir de esta edad se incrementa el contenido de fibra bruta en el forraje cosechado y la maduración de la planta, trayendo como consecuencia un aumento del contenido de lignina en tallo; lo que afectaría la calidad y digestibilidad del forraje.

El forraje en la dieta del ganado tiene varios papeles. No sólo sirve para aportar calorías, sino que además debe entretener al ganado mientras come, proporcionar ciertos nutrientes para su metabolismo y estimular los intestinos para que puedan mantener una flora intestinal equilibrada.

La lignina determina la calidad y digestibilidad del forraje. Los forrajes tienen dos componentes: el contenido de la célula y la pared de la célula. La célula contiene la mayor parte de las proteínas, todo el

almidón, el azúcar, los lípidos, y los ácidos orgánicos. La pared de la célula contiene la lignina, hemicelulosa y celulosa y es la parte fibrosa de la planta que resiste las enzimas digestivas del ganado. Esto quiere decir que cuanto más alto es el nivel de lignina, menos digestible es el forraje.

El nivel de lignina en el forraje es importante porque el ganado puede digerir prácticamente todo el contenido de las células pero la fermentación bacteriana sólo puede digerir un 50% o menos de la pared de la célula. Un nivel excesivo de lignina reduce de manera importante la absorción vitamínica del forraje y aumenta el riesgo de trastornos intestinales.

La hoja de kenaf no cambia su digestibilidad ni su valor nutricional hasta que se cae o se rompe. Sin embargo, el tallo aumenta de manera importante el nivel de lignina para poder mantener el peso de la planta ya madura, así que cuanto más maduro sea el kenaf menos digerible es para el sistema intestinal del animal.

Las ligninas son polímeros insolubles en ácidos y en álcalis fuertes, que no se digieren ni se absorben y tampoco son atacados por la microflora del colon. Pueden ligarse a los ácidos biliares y otros compuestos orgánicos (por ejemplo, colesterol), retrasando o disminuyendo la absorción en el intestino delgado de dichos componentes.

El grado de lignificación afecta notablemente la digestibilidad de la fibra. La lignina, que aumenta de manera ostensible en la pared celular de la planta con el curso de la maduración, es resistente a la degradación bacteriana, y su contenido en fibra reduce la digestibilidad de los polisacáridos fibrosos.

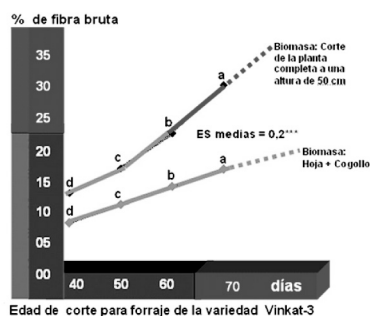


FIGURA 11. EFECTO DE LA EDAD DE CORTE EN EL PORCENTAJE DE FIBRA BRUTA. FUENTE: VINENT ET AL, 1993

Conclusiones y recomendaciones

Para una óptima explotación de la variedad de kenaf Vinkat-3 para la producción de biomasa para la alimentación animal se recomienda la siembra entre

los meses de mayo-julio a las distancias de siembra entre 30 x 5 cm – 40 x 5 cm; la altura de corte a 50 cm del suelo; la edad de corte entre 50 y 60 días después de la germinación y el número de cortes de 2 a 3, aunque se recomienda 2 cortes preferentemente; cuando se requiera efectuar siembra a voleo la densidad de semilla óptima es de 27,10 kg. ha⁻¹. No se recomienda el consumo por los animales de la biomasa de la planta completa de kenaf a partir de los 70 días de germinada, debido al aumento del contenido de fibra bruta en el forraje y de lignina en tallo cuando se cosecha la planta completa; pues afectaría la calidad y digestibilidad de la biomasa forrajera. Para la producción de semilla la mejor fecha de siembra es agosto-octubre. **1**

Bibliografía

- Hernández, A.; J. M. Pérez; R. Morzón; M. Morales, y R. López.
1999 Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, con clasificaciones internacionales (Soil Taxonomy y FAO-UNESCO) y clasificaciones nacionales (2^{da} clasificación genética y clasificación de series de suelos). 47 p.
- Munilla, R. y C. Puentes.
1971 Estudio del Kenaf como posible planta forrajera. Ciencias agropecuarias. 1(5): 39.
- Piloto JL, CM Mederos y E. Vinent.
1994 Uso del kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en la alimentación de cerdos en crecimiento. *Rev. Comp. Prod. Porc.* 1(1): 53-60.
- Piloto JL.
1999 Uso del kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en dieta para cerdos en crecimiento con miel b y diferentes niveles de proteína. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana, Cuba. Tesis en opción a la Maestría en Producción Porcina, pp 65.
- Puentes, C.
1974a Estudio sobre el kenaf al ser usado como planta para forrajes. *Agrotecnia de Cuba*. 6 (2): 3-8.
- Puentes, C.
1974b Estudio con kenaf sometido a pastoreo. *Agrotecnia de Cuba* 6 (2): 19-24.
- Vinent. E y A. Viera.
1988 Estudio de cinco variedades forrajeras de kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L.). Ciencia y Técnica en la Agricultura. Hortalizas, papa, granos y fibras. 7(2): 27-39.
- Vinent, E.
1992 'Katuca-3' una variedad de kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L.) para forraje. *CIDA. Agricultura Tropical*. 1 (1): 5-12.
- Vinent. E.
1992 Estudio de distancia de siembra y altura de corte de la variedad de kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) 'K-2' para forraje. Cultivos tropicales. 2(3).
- Vinent E, CM Mederos, JL Piloto, A Martínez, S Valdés y S. Pico.
1993 Kenaf el oro verde: 'Vinkat-3' una nueva variedad cubana de alto valor nutritivo para la alimentación animal y producción de aceite. In: VIII Forum Nacional de Ciencia y Técnica. La Habana. 47 p.
- Vinent, E. y O. Fajardo.
1998 Estudio de la variedad de kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) 'Vinkat-3'. III Densidades de siembra a voleo. Producción de cultivos en condiciones tropicales. La Habana. ISBN 959-7111-04-7: 36-38.
- Vinent, E., Enrique Pouyut y Odelin Fajardo.
1998 Estudio de la variedad de kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) Vinkat-3. I. Efecto de las distancias de siembra y altura de corte en los rendimientos. IIHLD. Producción de Cultivos en Condiciones Tropicales. ISBN 959-7111-04-7: 31-32.
- Vinent Serrano Enrique, Odelín Fajardo Gutiérrez y Pedro Pablo Herrera Oliver
2010 Estrategia para el mejoramiento genético del kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L) en Cuba. *Revista Temas de Ciencia y Tecnología*. ISSB: 2007-0977 Volumen 14, Número 42; página 29-40.
- Vinent Serrano Enrique, Fajardo Gutiérrez Odelin, Ramón Alberto Batista García, Ana Luisa Martínez Cruz, Ayixon Sánchez Reyes, Luís Mario Beltrán Pérez, Eduardo Diago Izquierdo y Katia Núñez de Villavicencio Forte.
2011 Explotación sostenible del kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L.). I. Absorbentes naturales de hidrocarburos. *Revista Temas de Ciencia y Tecnología*. Número 44.