

Estudio de los pigmentos verdes en variedades de *Pennisetum purpureum* en distintos momentos del año y con diferentes edades de rebrote

R. S. Herrera, Dayleni Fortes, M. García, Ana M. Cruz, Aida Romero
Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de la Lajas, La Habana
 Correo electrónico: rherrera@ica.co.cu

Se condujeron tres experimentos para estudiar en variedades de *Pennisetum purpureum*: I) los espectros de absorción de la luz de los pigmentos verdes de tres variedades (King grass, Cuba CT-115 y Cuba CT-169) con tres edades de rebrote (28, 56 y 84 d), II) los contenidos de pigmentos verdes y carotenoides de cuatro variedades (King grass, Taiwán A-146, Cuba CT-115 y Cuba CT-169) en distintos momentos del año y III) los tenores de pigmentos verdes con la edad de rebrote (30, 60 y 90 d). Los espectros de absorción de la luz de las variedades mostraron pocas diferencias y se obtuvieron máximos en las longitudes de onda de 430 y 660 nm, los que fueron más marcados a los 28 d de rebrote. Hubo diferencias significativas en el contenido de pigmentos verdes entre las variedades en las diferentes épocas del año. En general, los mayores valores se registraron en el período poco lluvioso (hasta 4.50 mg/dm² de clorofila a) con respecto al lluvioso (hasta 3.03 mg/dm² de clorofila a). Similar comportamiento se obtuvo en los carotenoides, con tenores que variaron entre 0.10 y 1.44 y desde 0.61 hasta 0.93 mg/dm², para los períodos poco lluvioso y lluvioso, respectivamente. Hubo interacción entre las variedades y la edad de rebrote ($P < 0.001$) para los pigmentos verdes en ambos períodos estacionales. Los mayores valores de absorción de la luz, a los 28 d de rebrote de las variedades, parecen indicar la necesidad de mayor energía para mantener el metabolismo celular, aunque también pudieran sugerir menor eficiencia fotosintética. Esto se reafirma al encontrar marcada variación de los pigmentos verdes y carotenoides en los diferentes momentos del año, con valores particulares para cada variedad. Se recomienda además, realizar investigaciones futuras que complementen los resultados obtenidos.

Palabras clave: *Pennisetum purpureum*, pigmentos verdes, absorción de la luz

La especie *Pennisetum purpureum* se utiliza ampliamente en Cuba para la producción de forrajes. Específicamente, en la década del 80 del siglo pasado, la variedad King grass llegó a ocupar 85 % de las áreas forrajeras del país (Crespo *et al.* 2006). En esa década, también se inició el programa de mejoramiento de esta variedad mediante procesos biotecnológicos (Martínez *et al.* 1985) y de mutagénesis física (Herrera *et al.* 1988), en los que se obtuvieron nuevas variedades con marcadas diferencias genotípicas y fenotípicas. Estas nuevas variedades se evaluaron para conocer el comportamiento de algunos indicadores agronómicos y de calidad (Lauzán *et al.* 1991 y Herrera *et al.* 1994)

Los pigmentos verdes y carotenoides desempeñan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, al ser los responsables de captar y transformar la energía luminosa en energía química, necesaria para la síntesis de los compuestos químicos imprescindibles para el metabolismo celular (Herrera 2006).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el espectro de absorción de la luz de los pigmentos verdes, establecer el contenido y distribución de estos pigmentos en las distintas épocas del año, así como su variación según la edad de rebrote en variedades de *Pennisetum purpureum*.

Materiales y Métodos

Tratamientos y diseño. Mediante un diseño completamente al azar y cinco repeticiones, se condujeron tres experimentos para estudiar en variedades de *Pennisetum purpureum*: I) los espectros de absorción de la luz de los pigmentos verdes de tres variedades (King grass, Cuba CT-115 y Cuba CT-169) con tres edades de rebrote (28, 56 y 84 d), II) los contenidos de pigmentos

verdes y carotenoides de cuatro variedades (King grass, Taiwán A-146, Cuba CT-115 y Cuba CT-169) durante el año, según diseño completamente al azar y cinco repeticiones y III) los tenores de pigmentos verdes de cuatro variedades (King grass, Taiwán A-146, Cuba CT-115 y Cuba CT-169) con diferentes edades de rebrote (30, 60 y 90 d), de acuerdo con diseño al azar, en arreglo factorial, con cinco repeticiones.

Procedimiento. En el experimento I se tomaron al azar muestras de cinco plantas en diferentes parcelas (25 m² de área cosechable) de cada variedad, establecidas en suelo ferralítico rojo típico (Hernández *et al.* 1999) a los 28, 56 y 84 d de rebrote. De cada planta se seleccionó la cuarta hoja completamente abierta y se realizó la extracción y determinación de los pigmentos verdes, según el método de Lichtenthaler (1987), modificado por Fortes *et al.* (2005). A los extractos se les midió la absorción de la luz en el rango visible (360-700 nm) mediante un espectrofotómetro UV/Visible, marca WPA, modelo S2000. Con las lecturas se conformaron los espectros de absorción.

En el experimento II se procedió de forma similar. Las muestras se tomaron a los 90 d de rebrote, en noviembre, febrero, mayo, agosto, noviembre y febrero. En el experimento III, las muestras se tomaron cada 30, 60 y 90 d de rebrote en las dos estaciones climáticas. En ambos experimentos, se fertilizó con 140 kg de N/ha durante el período lluvioso, y no se regó en el poco lluvioso. La tabla 1 muestra el comportamiento de algunos factores climáticos durante el período experimental. Estos se encuentran en el rango de los valores históricos informados por Miranda *et al.* (2005) para la región.

Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza (SAS 2001) para el procesamiento de los datos, de

Tabla 1. Algunos factores climáticos durante el período experimental

Meses	No. días con lluvias	Lluvias, mm	No. días temp. < 15° C	No. días temp. > 27° C	Temp. mínima	Temp. máxima
Noviembre	3.2	34.0	3.0	21.6	19.1	28.4
Diciembre	3.9	51.3	9.8	12.5	16.7	25.9
Enero	2.2	36.0	2.1	9.0	12.1	25.1
Febrero	4.0	39.3	11.3	21.6	15.4	29.1
Marzo	3.2	39.8	11.0	28.7	17.0	29.8
Abril	3.7	92.3	4.7	26.2	17.6	30.6
Mayo	6.0	131.6	-	27.0	20.2	31.6
Junio	12.0	181.1	-	25.5	22.7	31.3
Julio	11.0	149.2	-	27.5	22.2	33.3
Agosto	13.0	190.9	-	27.5	22.2	32.5
Septiembre	11.7	219.9	-	27.2	22.2	31.4
Octubre	6.2	177.8	0.5	27.7	26.7	30.0
Noviembre	4.7	39.8	2.2	22.3	18.3	29.6
Diciembre	4.0	64.1	9.3	13.3	16.0	26.0

Temp.: Temperatura

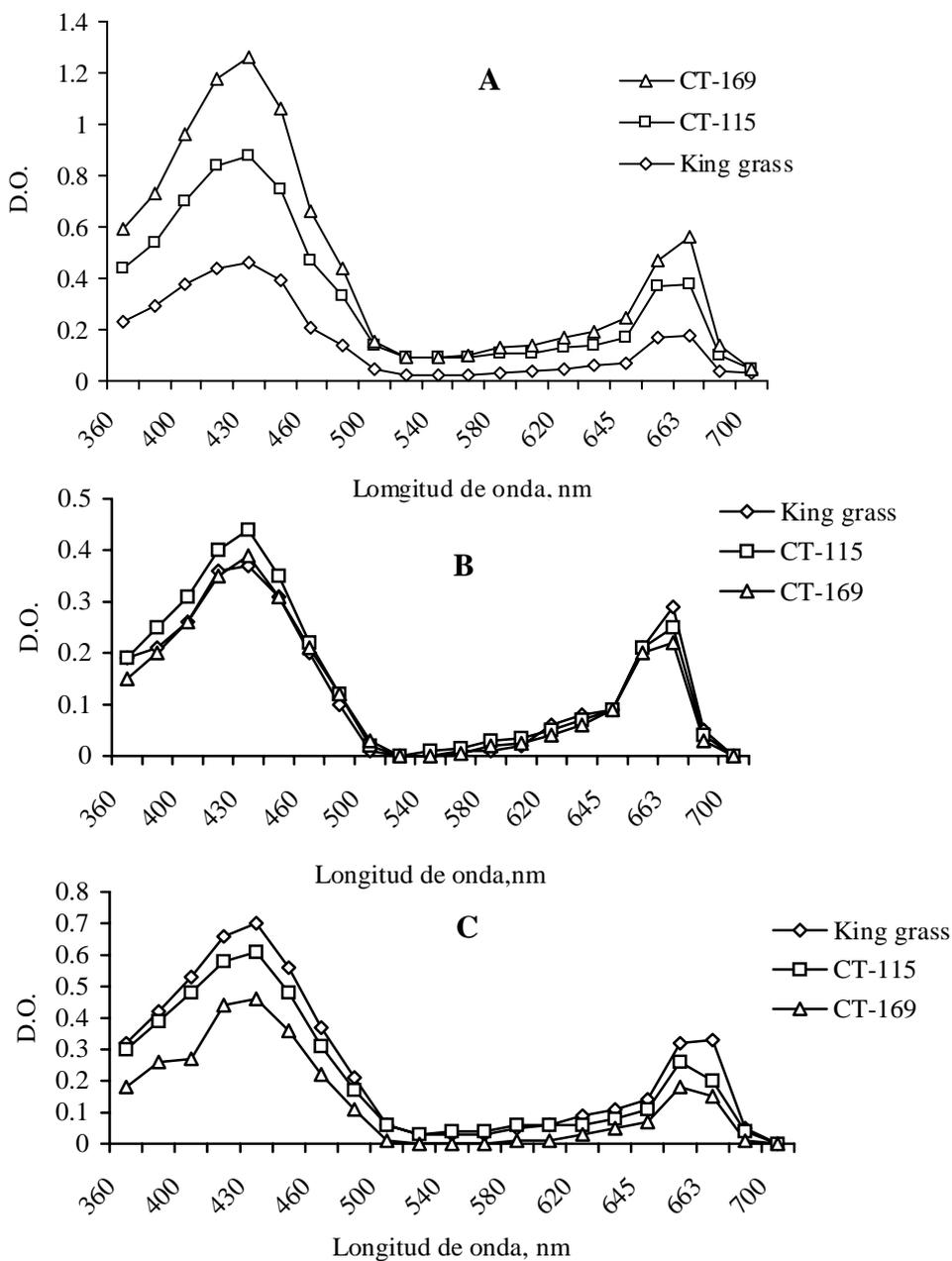


Figura 1. Espectro de absorción de la luz de los pigmentos verdes de tres variedades de Pennisetum a los 28 (A), 56 (B) y 84 (C) días de rebrote.

acuerdo con el diseño experimental. En los casos necesarios, se aplicó la dócima de Duncan (1955) para la comparación de los valores medios.

Resultados y Discusión

En el experimento I, a los 28 d de rebrote, hubo diferencias en la absorción de la luz entre variedades, en el rango de 360-500 y de 645-700 nm. El King grass mostró los menores valores. A los 56 d, no hubo diferencias entre variedades y a los 84 d los menores valores se obtuvieron en el Cuba CT-169. La mayor absorción se registró a la menor edad de rebrote, mientras que en el rango de 500-620 nm apenas se produjo absorción de la luz para cualquiera de las variedades, sin diferencias entre ellas y las edades (figura 1).

Estos espectros señalan las características intrínsecas de cada variedad. Así, a los 28 d de rebrote, cuando las plantas se encuentran en etapa de rápido crecimiento y alta demanda de energía para la síntesis de compuestos químicos, se produce aumento de absorción de la luz. Esta disminuye a los 56 d, probablemente por la velocidad de crecimiento y desarrollo, para después incrementarse a los 86 d, lo que permite acumular reservas que hacen posible la reproducción de la planta.

Herrera (2006) encontró resultados similares cuando estudió los espectros de absorción de la luz en diferentes variedades de pasto. Este autor señaló que la individualidad bioquímica de cada planta desempeña un papel importante en el proceso de absorción y transformación de la energía luminosa en energía química.

Fortes *et al.* (2006), al estudiar el efecto de un estimulante del crecimiento, aplicado en el momento de

la siembra de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115, y al determinar el espectro de absorción de la luz de los pigmentos, cuando el pasto tenía 120 d de rebrote, encontraron los menores valores en el tratamiento que no recibió el estimulante. Sin embargo, a esta edad de rebrote, los máximos de absorción fueron similares a los obtenidos en este B trabajo, a los 84 d edad. Esto pudiera indicar que, a partir de determinado estado fisiológico y de crecimiento de la planta, ocurrirá cierta estabilización en el proceso de absorción de la luz, lo que no significa que la eficiencia del proceso de transformación de la luz en energía química se incremente. Este aspecto requiere de estudios futuros.

Al comparar los espectros obtenidos, pudiera inferirse que existen variaciones en la eficiencia de estas plantas al utilizar la energía luminosa. Esto se demuestra en los diferentes valores máximos obtenidos y en las zonas donde no hubo, prácticamente, proceso de absorción. Sin embargo, este último aspecto no se halla contemplado en este estudio, por lo que es preciso diseñar experimentos futuros que permitan explicar este comportamiento.

Al estudiar la distribución de los pigmentos verdes durante el año (experimento II), se observaron diferencias significativas entre variedades para la clorofila a en la mayoría de los meses, aunque las mismas no mostraron un patrón uniforme en la respuesta (tabla 2). En todos los meses hubo variación de la clorofila b para todas las variedades (tabla 3). El patrón de respuesta de los carotenoides (tabla 4) se caracterizó, generalmente, por presentar los mayores valores durante los meses del período lluvioso.

Tabla 2. Contenido de clorofila a (mg/dm²) de variedades de *Pennisetum* durante el año

Variedades	Nov	Feb	May	Agost	Nov	Feb
King grass	3.71 ^b	3.41 ^a	2.22 ^b	2.45 ^a	1.58	3.39
Taiwán	4.50 ^a	2.55 ^b	3.03 ^a	1.19 ^b	1.80	3.03
CT-115	4.32 ^a	2.46 ^b	2.39 ^b	1.27 ^b	1.86	3.55
CT-169	3.41 ^b	2.65 ^b	2.16 ^b	1.10 ^b	1.74	3.06
EE ±	0.1***	0.12***	0.14***	0.13***	0.20	0.15

^{ab} Valores con letras no comunes por columna difieren a P < 0.05 (Duncan 1955)

*** P < 0.001

Tabla 3. Contenido de clorofila b (mg/dm²) de variedades de *Pennisetum* durante el año

Variedades	Nov	Feb	May	Agost	Nov	Feb
King grass	1.33 ^b	1.26 ^a	0.36 ^{ab}	1.16 ^d	0.59 ^{ab}	1.79 ^a
Taiwán	1.52 ^a	1.05 ^b	0.32 ^b	2.83 ^b	0.60 ^{ab}	1.04 ^{bc}
CT-115	1.52 ^a	0.59 ^c	0.56 ^a	3.04 ^a	0.55 ^b	1.22 ^b
CT-169	1.28 ^b	0.94 ^b	0.58 ^a	2.55 ^c	0.70 ^a	0.85 ^c
EE ±	0.04***	0.05***	0.08***	0.13***	0.06***	0.09***

^{abcd} Valores con letras no comunes por columna difieren a P < 0.05 (Duncan 1955)

*** P < 0.001

Tabla 4. Contenido de carotenoides (mg/dm²) de variedades de Pennisetum durante el año

Variedades	Nov	Feb	May	Agost	Nov	Feb
King grass	0.56 ^a	0.44 ^b	0.93 ^a	0.61	0.46 ^{ab}	1.44
Taiwán	0.35 ^b	0.67 ^a	0.88 ^a	0.63	0.40 ^b	1.34
CT-115	0.17 ^c	0.71 ^a	0.69 ^b	0.66	0.49 ^{ab}	1.42
CT-169	0.10 ^d	0.77 ^a	0.73 ^b	0.63	0.50 ^a	1.42
EE ±	0.02 ^{***}	0.05 ^{***}	0.04 ^{***}	0.02	0.03 ^{***}	0.07

^{abcd} Valores con letras no comunes por columna difieren a P < 0.05 (Duncan 1955)

*** P < 0.001

Una vez más se puso de manifiesto la individualidad bioquímica de cada planta, al expresar diferentes contenidos de pigmentos en cada uno de los meses estudiados. Esto determina la respuesta específica de cada una de ellas.

Es probable que esta respuesta esté condicionada por el comportamiento de los factores climáticos (intensidad y duración de la luz, temperatura y precipitaciones, entre otros), ya que en Cuba los meses del período lluvioso (mayo-octubre) se caracterizan por mayores temperaturas, precipitaciones y duración e intensidad lumínica, con respecto a los meses del período poco lluvioso (noviembre-abril) donde se registran los menores valores en los componentes del clima citados.

Aunque no pudo cuantificarse la duración e intensidad de la luz durante el período experimental, hubo diferencias en el comportamiento de los factores climáticos en los distintos meses (tabla 1). Estos elementos, además de las temperaturas y precipitaciones, entre otros, tienen estrecha relación con los indicadores fisiológicos, agronómicos y de calidad de variedades de Pennisetum (Herrera y Ramos 2006).

Esto se reafirma con los mayores valores de clorofila a y b, que se encontraron, generalmente, en los meses del período poco lluvioso, y pudieran indicar que la planta necesita mayor cantidad de clorofila para permitir el adecuado suministro de energía al metabolismo celular. Se señala además, que en el período lluvioso, donde las condiciones son más favorables para el crecimiento y desarrollo, la planta necesita menos cantidad de pigmentos para satisfacer sus necesidades energéticas, debido

probablemente a los diferentes valores de eficiencia que se alcanzan en el proceso de transformación de la energía luminosa en química.

Tal como informó Jonson (1981), los mayores contenidos de carotenoides se alcanzaron en los meses del período lluvioso, quizás para proteger a las clorofilas del proceso de fotooxidación que pudiera ocurrir por la alta intensidad lumínica de ese período.

Como los espectros de absorción registraron variaciones en sus valores con respecto a la edad de rebrote, se estudió el contenido de los pigmentos de las variedades con diferentes edades de rebrote en ambos períodos estacionales.

Hubo interacción (P < 0.001) entre las variedades y la edad de rebrote para el contenido de clorofila a, clorofila b y carotenoides, en ambos períodos estacionales. En el período lluvioso, la variedad Taiwán registró el mayor valor de la clorofila a, a los 30 d de rebrote, y el menor fue para el CT-169, a los 90 d. Sin embargo, en el período poco lluvioso, el mayor tenor fue para Taiwán, a los 60 d; sin diferir de CT-115, a los 90 d (tabla 5). El mayor contenido de clorofila b lo registró el CT-115, a los 90 d, en el período lluvioso. El menor fue para el CT-169, a los 30 d, mientras que en el poco lluvioso la mayor concentración se obtuvo en el CT-169, a los 30 d, y la menor en esa misma variedad, a los 60 y 90 d (tabla 6). Para los carotenoides, el mayor contenido lo registró el Taiwán, a los 30 d, en el período lluvioso, al igual que en el poco lluvioso, sin diferir del CT-169 (tabla 7). En general, las mayores concentraciones se obtuvieron en el período poco lluvioso y las variedades no mostraron un patrón uniforme en su respuesta a la edad de rebrote.

Tabla 5. Efecto de la edad de la variedad en el contenido de clorofila a (mg/dm²)

Variedades	Período lluvioso			Período poco lluvioso		
	30	60	90	30	60	90
King grass	2.29 ^b	1.14 ^d	2.49 ^b	3.28 ^{abcd}	3.33 ^{abcd}	3.39 ^{abcd}
Taiwán	3.20 ^a	1.00 ^d	1.19 ^{cd}	3.53 ^{ab}	3.57 ^a	3.03 ^{bcd}
CT-115	2.39 ^c	1.18 ^{cd}	1.27 ^{cd}	2.93 ^d	2.99 ^{cd}	3.55 ^a
CT-169	1.67 ^c	1.19 ^{cd}	1.10 ^d	3.45 ^{abc}	2.39 ^e	3.06 ^{abcd}
EE ±		0.16 ^{***}			0.17 ^{***}	

^{abcde} Valores con letras no comunes por período estacional difieren a P < 0.05 (Duncan 1955)

***P < 0.001

Tabla 6. Efecto de la edad de la variedad en el contenido de clorofila b (mg/dm²)

Variedades	Período lluvioso			Período poco lluvioso		
	30	60	90	30	60	90
King grass	1.06 ^d	2.48 ^{bc}	1.16 ^d	1.28 ^{bcd}	1.34 ^{bc}	1.17 ^{cde}
Taiwán	1.35 ^d	2.10 ^c	2.83 ^{ab}	1.45 ^b	1.35 ^{bc}	1.04 ^{def}
CT-115	1.05 ^d	2.47 ^{bc}	3.04 ^a	1.19 ^{cd}	1.29 ^{bc}	1.22 ^{bcd}
CT-169	0.36 ^e	2.50 ^{bc}	2.83 ^{ab}	1.90 ^a	0.94 ^{ef}	0.85 ^{bef}
EE ±		0.13 ^{***}			0.08 ^{***}	

^{abcdef} Valores con letras no comunes por período estacional difieren a P < 0.05

(Duncan 1955)

***P < 0.001

Tabla 7. Efecto de la edad de la variedad en el contenido de carotenoides (mg/dm²)

Variedades	Período lluvioso			Período poco lluvioso		
	30	60	90	30	60	90
King grass	1.22 ^b	0.38 ^d	0.61 ^c	1.55 ^b	0.54 ^f	1.44 ^{bcd}
Taiwán	1.61 ^a	0.38 ^d	0.63 ^c	1.77 ^a	0.68 ^e	1.34 ^d
CT-115	1.26 ^b	0.39 ^d	0.66 ^c	1.49 ^{bc}	0.51 ^f	1.32 ^d
CT-169	0.65 ^c	0.41 ^d	0.63 ^c	1.76 ^a	0.53 ^f	1.42 ^{cd}
EE ±		0.03 ^{***}			0.04 ^{***}	

^{abcdef} Valores con letras no comunes por período estacional difieren a P < 0.05

(Duncan 1955) *** P < 0.001

El comportamiento registrado por las clorofilas a y b no resulta fácil de explicar, al no encontrar un patrón de respuesta definido entre las variedades y la edad de rebrote. No obstante, pudieran establecerse algunas hipótesis que contribuyan a explicar esta conducta. Como los muestreos se realizaron con frecuencia fija (30, 60 y 90 d en cada período estacional) en diferentes momentos del año, indudablemente los elementos del clima desempeñaron su función en la fisiología de la planta. Esto se evidenció en el experimento II, donde hubo una respuesta específica de las diferentes variedades en cada uno de los meses estudiados. Además, la interacción encontrada indica que la magnitud de la respuesta de los pigmentos verdes depende del comportamiento de los dos elementos estudiados.

Fortes *et al.* (2007), al estudiar el comportamiento de los pigmentos verdes en *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 después del pastoreo, encontraron que las clorofilas como los carotenoides no manifestaron un patrón de respuesta uniforme con la edad de rebrote hasta los 90 d, en el período poco lluvioso. Estos autores lo atribuyeron a las características intrínsecas del metabolismo de esta planta. Sin embargo, informaron rangos de 2.43-3.57, 1.07-1.89 y 0.49-0.51 mg/dm², para la clorofila a, clorofila b y carotenoides, respectivamente.

Estos valores resultan inferiores a los que se encontraron en este estudio, lo que pudo estar determinado por tres factores principales: a) las condiciones ambientales (clima y suelo) fueron diferentes, b) se fertilizó con N, mientras que en el experimento de referencia no se empleó, c) el estudio actual se realizó en parcelas experimentales, y no en pastoreo.

Herrera y Ramos (2006) señalaron que estas variedades son de largo ciclo de crecimiento, y que pueden acumular MS hasta las 24 semanas de rebrote, lo cual determina que en una primera fase del crecimiento la demanda de energía y metabolitos para el crecimiento sea elevada. Por ello, la planta necesita gran contenido de clorofilas para convertir la energía lumínica en energía química, lo que puede observarse en los resultados presentados en las tablas 5 y 6. Sin embargo, como el estudio sólo se realizó hasta los 90 d de rebrote, estas variedades no completaron su ciclo biológico de crecimiento, por lo que es preciso realizar trabajos futuros para conocer cuál será el comportamiento de estos indicadores.

Los valores cuantitativos de las clorofilas resultaron alentadores, generalmente fueron superiores a 1mg/dm², y en algunas oportunidades alcanzaron 4 mg/dm². Esto indica la posible capacidad de transformar la energía lumínica en química y corrobora lo informado por Gliessman (2001). Este autor plantea que las mayores tasas de conversión de energía solar en biomasa se registran en *Saccharum* y *Pennisetum*.

Herrera (2005) señaló la importancia de realizar estudios básicos de fisiología y bioquímica, entre otras disciplinas, que contribuyan a explicar el comportamiento de los pastos ante determinado factor ambiental o de manejo, lo que puede ser útil para diseñar estrategias que permitan su eficiente utilización, sobre todo en los casos en que la información disponible sea limitada.

Los resultados de los experimentos citados evidencian la poca variación en el contenido de pigmentos entre las variedades de una especie. Sin embargo, cada una de ellas mostró un comportamiento particular, el cual pudiera

relacionarse con la individualidad de cada planta, lo cual, a su vez, está estrechamente relacionado con la influencia que pueden ejercer los factores climáticos y la edad de rebrote. Se recomiendan futuros estudios que permitan ampliar el conocimiento sobre el comportamiento de los pigmentos verdes ante diferentes factores ambientales y de manejo.

Referencias

- Crespo, G., Rodríguez, I., Padilla, C., Ruiz, T.E., Valenciaga, N. & Michelena, J. 2006. Producción de biomasa vegetal para la alimentación animal en el trópico. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Eds. R.S. Herrera, I. Rodríguez y G. Febles. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p.171
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1
- Fortes, D., Herrera, R.S. & González, S. 2005. Modificación de una técnica para determinar pigmentos en hojas de King grass (*Pennisetum purpureum*). XVI Forum de Ciencia y Técnica, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba
- Fortes, D., Herrera, R.S., González, S., García, M., Romero, A. & Cruz, A.M. 2006. Estudio del efecto de un estimulante del crecimiento en los pigmentos verdes y carotenoides de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 40:471
- Fortes, D., Herrera, R.S., González, S., García, M., Romero, A. & Cruz, A.M. 2007. Efecto de la edad de rebrote después del pastoreo de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 en los pigmentos verdes y carotenoides en el período poco lluvioso. II Congreso Internacional de Producción Animal Tropical, La Habana. CD-ROM
- Gliessman, S.R. 2001. A energética dos agroecosistemas. En: Agroecología. Processos ecológicos em agricultura sustentável. 2^{da} Ed. Editora da Universidade. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Brasil. p. 513
- Jonson, C.B. 1981. Physiological processes limiting plant productivity. Ed. Butterworths, London.
- Hernández, A., Pérez, J.M. & Bosch, D. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de la Habana. p. 119
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 43, Número 1, 2009.
- Herrera, R.S. 2005. Evaluación de gramíneas. Contribución del Instituto de Ciencia Animal. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 39:253
- Herrera, R.S. 2006. Fisiología, calidad y muestreos. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Eds. R.S. Herrera, I. Rodríguez y G. Febles. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p.1
- Herrera, R.S., Cruz, R. & Martínez, R.O. 1994. Estudio de mutantes de King grass (*Pennisetum purpureum* sp.) obtenidas mediante técnicas nucleares y mutágenos químicos. III Indicadores agronómicos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 28:231
- Herrera, R.S., Cruz, R., Martínez, R.O. & Monzote, M. 1988. Obtención de mutantes de King grass mediante el uso de irradiaciones ionizantes. Las irradiaciones y los isótopos en la agricultura. Taller. INIFAT. Ciudad de la Habana, Cuba
- Herrera, R.S. & Ramos, N. 2006. Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, CD-ROM
- Lauzán, J.R., Vento, H., Herrera, R.S., Martínez, R.O. & Cruz, R. 1991. Estudio de los pigmentos verdes y carotenoides en somaclones de King grass (*Pennisetum purpureum*). I. Período de establecimiento. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23:109
- Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of biomembranes. En: *Methods in Enzymology*. Eds. L. Parcker & R. Doucer. 148:1411
- Martínez, R.O., Morffi, N., Arteaga, M., Monzote, M. & Herrera, R.S. 1985. Embriogénesis somática y regeneración de plantas en cultivo de tejidos. X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, México
- Miranda, Z., Cruz, A.M., Herrera, R.S. & Romero, A. 2005. Comportamiento de algunos indicadores climáticos del Instituto de ciencia Animal en el período 1970-2003. XVI Forum de Ciencia y Técnica. Instituto de Ciencia Animal, La Habana
- SAS 2001. User's guide: Statistics Version. 8 Ed. SAS Institute Inc. Cary, NC, US

Recibido: 7 de julio de 2008