

INFORMACIÓN TÉCNICA

RESPUESTA PRODUCTIVA DEL PASTO KIKUYO (*Kikuyuocloa clandestina*) AL FERTILIZANTE NITROGENADO DE LENTA LIBERACIÓN

Johnny Montenegro Ballesteros¹, Jesús Calderón Fallas²

RESUMEN

Respuesta productiva del pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) al fertilizante nitrogenado de lenta liberación. El sector lechero costarricense se caracteriza por tener sistemas de producción intensivos que dependen de la producción de biomasa para alimentar a las vacas lecheras; por lo que se aplican grandes cantidades de nitrógeno. Debido al costo incremental de los mismos se requiere evaluar nuevas fuentes nitrogenadas, como los de lenta liberación, que podrían presentar ventajas para los productores. Por esta razón se evaluó la respuesta productiva del pasto kikuyo a la aplicación de una fuente nitrogenada de lenta liberación en un sistema de producción de lechería especializada y se comparó con la obtenida con un fertilizante nitrogenado comercial convencional. Los resultados mostraron que el promedio anual de la disponibilidad de la materia seca obtenida con el fertilizante de lenta liberación, comparado con la lograda con el fertilizante nitrogenado comercial convencional, fue similar a lo largo del período evaluado ($2,22 \pm 0,34$ tMS ha⁻¹ con fertilizante de lenta liberación contra $2,59 \pm 0,23$ tMS ha⁻¹ con fertilizante convencional). Sin embargo, hubo variaciones estacionales importantes con cada uno de los fertilizantes evaluados. La calidad nutritiva de la pastura no se afectó por el uso del fertilizante de lenta liberación. La comparación económica entre ambos fertilizantes mostró que existe ventaja por el uso de la fuente de lenta liberación lo cual significa un ahorro anual importante para el productor.

Palabras clave: sistemas de producción de leche, fertilizante nitrogenado de lenta liberación, fertilizante convencional.

INTRODUCCIÓN

El sector lechero costarricense se caracteriza por tener sistemas de producción intensivos que dependen de la producción de biomasa para alimentar a las vacas lecheras. Por esta razón se aplican grandes cantidades de nitrógeno (hasta 500 kg de N por unidad de área, Montenegro y Abarca 2001) para incrementar el crecimiento de los pastos y poder establecer ciclos de pastoreo cortos con alta carga animal. Esto se basa en el hecho de que el nitrógeno tiene un efecto estimulante en el desarrollo de las plantas, condición que ha sido aprovechada por los productores de leche

para la obtención de grandes cantidades de biomasa para alimentar animales en pastoreo. Sin embargo, durante los últimos años se ha experimentado un incremento significativo en el precio de los fertilizantes nitrogenados por lo que se requiere evaluar nuevas alternativas para fertilizar los pastos, y generar información tendiente a la productividad de los mismos. En este sentido la evaluación de fertilizantes nitrogenados producto de nueva tecnología aplicada en su producción, tales como los fertilizantes nitrogenados de lenta liberación, tiene varias ventajas entre las cuales se puede mencionar el hecho de que tienen el potencial para suministrar nitrógeno durante

¹Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA-Costa Rica. Convenio: INTA-Instituto Meteorológico Nacional, IMN. jmontenegro@inta.go.cr, jmontenegro@imn.ac.cr.

² Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG-CR. ASA Coronado.

un tiempo más prolongado que los fertilizantes convencionales, reduce su lixiviación (Fernández-Escobar *et al.* 2004) al mismo tiempo que estimula el crecimiento de los pastos.

La utilización de fertilizantes de lenta liberación es relativamente nueva en nuestro país y no hay resultados disponibles en producción de pastos en el sistema de producción de leche, ni información relacionada con aspectos económicos, razón por la cual se hace necesario realizar este tipo de investigación y generar esta información.

Los resultados generados por esta investigación serán de utilidad para los productores, quienes dispondrán no solo de alternativas productivas, sino también menos contaminantes ya que este tipo de fertilizantes reducen significativamente la generación de gases con efecto invernadero como el óxido nitroso (Montenegro y Herrera 2012). Adicionalmente, si esta fuente nitrogenada mejora la eficiencia de utilización del nitrógeno por parte de la pastura, y en consecuencia hace más rentable las explotaciones lecheras, los productores también se beneficiarían.

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la aplicación de un fertilizante nitrogenado de lenta liberación sobre la producción de materia seca en una pastura de kikuyo bajo pastoreo con vacas de lechería, y compararla con aquella obtenida con la aplicación de un fertilizante nitrogenado convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se llevó a cabo en una finca comercial de ganado de leche ubicada en el cantón de Vázquez de Coronado, Costa Rica, el cual presenta una precipitación media anual de 2450 mm y una temperatura media de 18 °C.

La finca se encuentra ubicada a 1461 msnm, con una extensión de 7,0 ha y

manejada con animales de la raza Holstein, a 3,2 UA ha⁻¹. El pasto kikuyo se pastorea con ciclos de ocupación y descanso de uno y 30 días respectivamente. Los apartos tienen un tamaño promedio de 2300 m².

Para la presente investigación se seleccionaron dos apartos por su representatividad en términos de topografía ondulada típica de la zona, y presencia de la especie de pasto antes mencionada. Los apartos utilizados en la evaluación se ubicaron uno al lado del otro y fueron manejados de manera idéntica; los pastoreos se realizaron con diferencia de un día como parte del manejo normal de la finca. En ambos casos la fertilización fue aplicada al voleo y de forma manual el siguiente día de que los animales pastorearon el área, previo a ello los residuos sólidos dejados por los animales (boñiga) se distribuyeron mediante la utilización de una pala, práctica que es normal en la finca. Usualmente esta práctica se realizó durante la mañana y en el transcurso de la tarde se aplicaba el fertilizante.

A uno de los apartos se le continuó aplicando el plan de fertilización empleado en la finca (tratamiento 1 (nitrato de amonio): 200 kg de nitrógeno ha⁻¹ año⁻¹), mientras que al otro se le aplicó un fertilizante nitrogenado de lenta liberación (tratamiento 2: 96 kg de N ha⁻¹ año⁻¹).

En el fertilizante de lenta liberación, la urea está recubierta con azufre y polímeros, y de acuerdo con la información técnica proporcionada por la casa comercial, tiene una tasa de liberación de 60 días, por esta razón se aplicó cada dos ciclos de rotación. En total durante el período de evaluación, este fertilizante se aplicó cinco veces: tres de ellas en la época de mayor precipitación (julio, setiembre, noviembre), y dos en época de transición (a verano en enero, a invierno a inicios de mayo). En el caso de la fertilización convencional, éste se aplicó cada ciclo de pastoreo.

La aplicación de ambos fertilizantes se

suspendió de febrero a mayo del 2012 debido a la falta de lluvia consecuencia de la época seca, lo cual reduce significativamente la disponibilidad de humedad del suelo y en consecuencia la disolución, absorción y utilización por la planta. Por esta razón se decidió hacer la estimación de la disponibilidad de forraje solamente en enero (cuando la condición seca ya se manifestaba) y a inicios de mayo (previo al inicio de la estación lluviosa).

La disponibilidad de materia seca del forraje de kikuyo se muestreó en agosto, setiembre, octubre y noviembre del 2011, y enero, mayo, junio y julio del 2012, utilizándose la técnica del doble muestreo (Haydock y Shaw 1975) la cual se reseña brevemente, más detalle pueden ser obtenidos en la mencionada referencia. De acuerdo con esta metodología se escogen cinco puntos que representen el rango de producción de la pastura. De manera que se utiliza una escala de 1 a 5, donde el 1 representa aquellos lugares de la pastura con menor producción de forraje, y el 5 los de mayor productividad. Los puntos del 2 al 4 representan la producción intermedia de la pastura entre los puntos de menor (1) y mayor (5) producción. Una vez identificados los cinco puntos antes mencionados, se procedió a hacer una evaluación visual en la pastura, para lo cual se caminó en zigzag y cubriendo todo el apartado donde, de manera sistemática cada ocho pasos, el punto seleccionado se comparó con el de los cinco sitios antes seleccionados para asignarle un valor (de 1 a 5) de acuerdo con la mencionada escala. De esta manera se cubrió en su totalidad la pastura y se anotaron aproximadamente 45 evaluaciones visuales para cada apartado.

Al finalizar las observaciones estos cinco puntos se cosecharon, se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas, se pesaron y trasladaron al laboratorio para la determinación de la materia seca lo cual se realizó en el laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA ubicado en el Alto de Ochoмого.

Posteriormente y de acuerdo con los valores de materia seca de cada muestra, y la frecuencia de la misma evaluada visualmente en el campo, se procedió a calcular la cantidad de materia seca disponible en cada una de las dos pasturas a las cuales se les aplicó el fertilizante (nitrógeno convencional o de lenta liberación). Los resultados se reportan en toneladas de materia seca ha^{-1} en cada ciclo de pastoreo durante el período evaluado para cada uno de los tratamientos.

Con el propósito de tener información referencial del efecto del fertilizante de lenta liberación en los contenidos de proteína cruda, fibra neutro y ácido detergente (AOAC 1990, Van Soest *et al.* 1991), se analizaron muestras provenientes de este tratamiento, y se compararon con los obtenidos con la aplicación del fertilizante convencional. Estos análisis se efectuaron en el Laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA.

También se realizó un muestreo de suelo para determinar el contenido de humedad gravimétrica y la densidad aparente. Con estos datos se calculó el espacio poroso lleno de agua. Finalmente, se comparó el costo anual de los fertilizantes a la dosis utilizada en esta evaluación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia seca

La tendencia observada en la producción de materia seca en las pasturas, independientemente del fertilizante nitrogenado aplicado, sigue el patrón estacional de la lluvia ya que los rendimientos se redujeron durante la época de menor precipitación, y fueron mayores cuando las lluvias se estabilizaron a partir de junio (Figura 1)

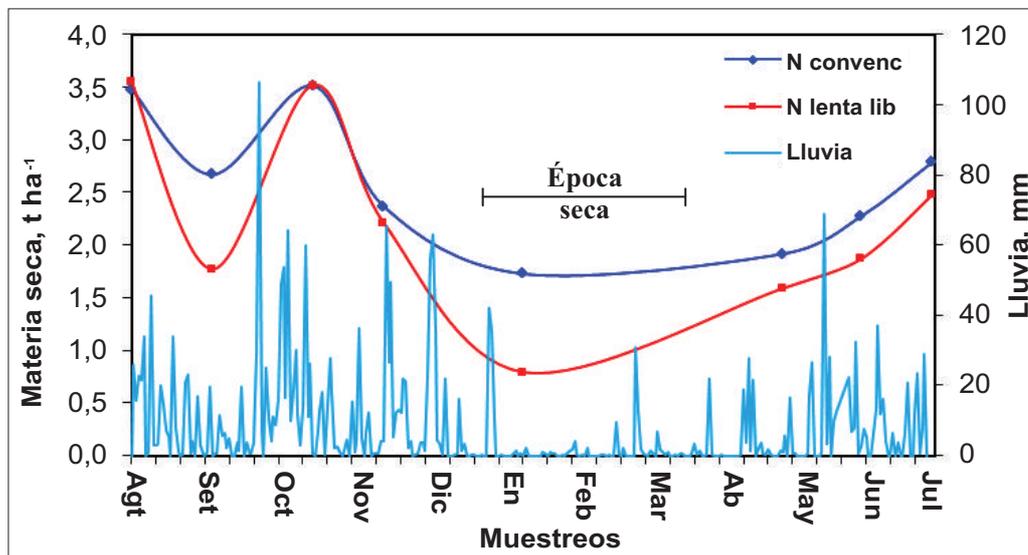


Figura 1. Efecto del fertilizante nitrogenado convencional y de lenta liberación en la producción de biomasa, tMS ha⁻¹, de pasto kikuyo. Coronado, Costa Rica. 2012.

Si bien la disponibilidad promedio anual de la materia seca fue similar ($P > 0,05$) para ambos fertilizantes ($2,22 \pm 0,34$ tMS ha⁻¹ (± 1 EE) con fertilizante de lenta liberación contra $2,59 \pm 0,23$ tMS ha⁻¹ con fertilizante convencional), el rendimiento promedio observado con la aplicación del fertilizante convencional durante la época de menor precipitación ($1,82 \pm 0,09$ t MS ha⁻¹), fue menor ($P < 0,05$) que el obtenido durante la estación lluviosa ($2,85 \pm 0,22$ t MS ha⁻¹). De manera similar, con el fertilizante de lenta liberación las mayores disponibilidades ($P < 0,05$) se determinaron durante la época de precipitación ($2,57 \pm 0,32$ t MS ha⁻¹) comparado con las observadas durante la época seca ($1,19 \pm 0,40$ t MS ha⁻¹).

Con respecto a la producción estacional, se determinó diferencia significativa en la disponibilidad durante la época de menor precipitación, siendo mayor la biomasa aérea ($P < 0,05$) en el tratamiento donde se aplicó fertilizante nitrogenado de lenta liberación

($1,82 \pm 0,09$ t MS ha⁻¹) con respecto a aquella observada con fertilizante convencional ($1,19 \pm 0,40$ t MS ha⁻¹).

Con respecto a la respuesta del kikuyo al fertilizante de lenta liberación, es interesante notar que cuando se aplicó el fertilizante de lenta liberación la disponibilidad de forraje previo al ingreso de los animales en pastoreo mostró una productividad similar al fertilizante convencional (muestreros 1, 3 y 7, Figura 3), pero los rendimientos disminuyen para el siguiente ciclo donde no hubo aplicación del fertilizante de lenta liberación (muestreros 2, 5 y 8, Figura 3). Esto parece indicar que la tasa de liberación (60 días) del nitrógeno de lenta liberación utilizado en esta investigación, es más rápida que la estipulada por la casa comercial, ya que la respuesta productiva de la pastura se reduce en el segundo ciclo. Ello podría ser el resultado de menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo para ser absorbido por

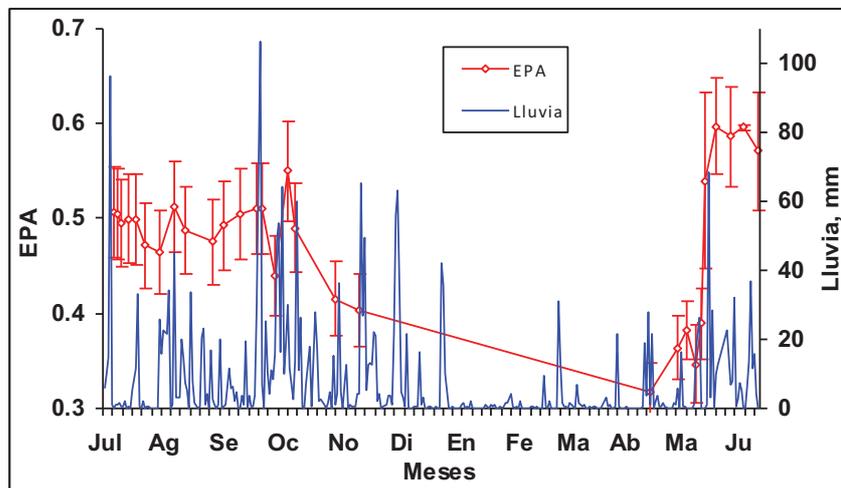
las plantas durante el segundo ciclo de descanso, cuando no se aplica el fertilizante, y en consecuencia se presenta menor crecimiento de la pastura. En estos fertilizantes, el proceso de liberación es un fenómeno físico que se activa o inicia cuando el agua, o el vapor de agua, penetra gradualmente por capilaridad/difusión a través de la membrana o capa semipermeable que cubre el gránulo (azufre y polímeros en este caso) y posteriormente la solución nutritiva concentrada dentro del gránulo sale gradualmente hacia el suelo por difusión, proceso que es dependiente y acelerado por la temperatura (Molina 2003).

En consecuencia, debido a las precipitaciones experimentadas durante la época lluviosa en la zona donde se realizó la evaluación (Figura 1), probablemente la humedad del suelo fue lo suficientemente alta como para acelerar más de lo previsto, por la casa comercial, la liberación del N contenido en los gránulos. Por esta razón, en el segundo ciclo cuando no se aplicó el fertilizante decreció la disponibilidad de nitrógeno en el suelo proveniente del fertilizante aplicado, ya que ocurrió mayor liberación de N durante los primeros 30 días, y por ello la pastura no creció

tanto como se esperaba durante el segundo período de 30 días.

Adicionalmente, quizá la temperatura del suelo (promedio de 20,5 °C) en combinación con la disponibilidad de humedad (de alrededor de 0,5 EPA durante la época de mayor precipitación, (Figura 2) estimuló la actividad microbiana, la cual según el fabricante de este fertilizante, es uno de los factores que influyen positivamente en el proceso de liberación del nitrógeno contenido en los gránulos. En consecuencia, la cantidad de nitrógeno remanente y que quedaría disponible para ser absorbido y estimular el crecimiento del pasto en el siguiente ciclo de pastoreo no fue suficiente para lograr disponibilidades de materia seca similares a las obtenidas en el ciclo inmediatamente después de la aplicación del fertilizante.

Con respecto al patrón de producción estacional observado en la disponibilidad de la materia seca, dos factores influenciaron directamente este comportamiento. El primero de ellos fue la reducida precipitación durante la época seca (12% del total anual) lo cual se reflejó directamente en la disponibilidad de agua en el suelo (Figura 2).



Valores promedio $\pm 1EE$

Figura 2. Disponibilidad de agua en el suelo, expresada como espacio poroso lleno de agua (EPA), bajo pasto kikuyo. Coronado, Costa Rica. 2012.

El contenido de agua, expresado como espacio poroso lleno de agua (EPA), estuvo en el rango en el cual las plantas siempre tienen disponibilidad de agua (Figura 2), donde 0,3 es el punto de marchitez permanente y 0,6 es capacidad de campo. Sin embargo, es notorio que a partir de diciembre a finales de abril se observan los valores más bajos de EPA, lo cual coincide con los menores rendimientos de biomasa determinados en la pastura (Figura 1). Con el inicio de las lluvias a finales de mayo, los valores de EPA muestran contenidos de humedad próximos a capacidad de campo (Figura 2) y la producción de biomasa también muestra un incremento importante (Figura 1).

Un aspecto que se observa claramente en la Figura 2 es el hecho de que grandes precipitaciones no contribuyen significativamente con la humedad del suelo (tal como sucede a inicios de octubre donde se presentó un evento lluvioso de casi 100 mm). Ello puede estar directamente relacionado con la compactación del suelo producto de los animales en pastoreo, ya que existe evidencia del incremento de la densidad como consecuencia del pisoteo (Wing Ching *et al.* 2009). Lo cual hace suponer que en este terreno cuando se presentan eventos lluviosos muy intensos como el mencionado, ocurre escorrentía mediante la cual se traslada el agua de la parte superior a la inferior de la ladera, sin que haya infiltración suficiente para incrementar el contenido de humedad del suelo. Además, es también probable que se arrastre suelo superficial, el cual llevaría

materia orgánica y minerales lo que estaría disminuyendo la fertilidad de las partes altas de las laderas desfavoreciendo el crecimiento de la gramínea.

El segundo factor que influyó en la disponibilidad de biomasa de la pastura, asociado con el anterior, fue la suspensión de la fertilización nitrogenada por la falta de humedad. En consecuencia menos agua en el suelo y la no fertilización nitrogenada hicieron que los rendimientos de materia seca decrecieran significativamente durante la época seca en ambos tratamientos.

Composición química del forraje

Los resultados de los análisis químicos efectuados mostraron que los valores correspondientes al contenido de proteína cruda, así como los de fibra (neutro y ácido), fueron similares independientemente de la fuente y cantidad de nitrógeno recibida (Cuadro 1).

Basándose en estos resultados se puede asumir que los valores de digestibilidad de la materia seca probablemente son similares con ambos fertilizantes, por lo que la aplicación del fertilizante de lenta liberación, con una frecuencia y cantidad inferior al fertilizante convencional que se aplicó en cada ciclo, no estaría afectando negativamente la calidad de la pastura y por tanto tampoco afectaría negativamente el consumo y la productividad animal.

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda y fibra, %, en pasto kikuyo fertilizado con diferentes fuentes de nitrógeno. Coronado, Costa Rica. 2012.

Fracción, % en base seca	Fertilizante convencional	Fertilizante de lenta liberación
Proteína cruda	15,8±0,8	16,1±0,9
Fibra neutro detergente	64,9±0,7	64,6±0,7
Fibra ácido detergente	35,5±0,6	35,9±0,6

Promedios ± 1 EE: error estándar

Los valores de proteína cruda fueron similares a aquellos determinados por Castillo *et al.* (1983) con la misma especie de pasto en la misma zona donde se efectuó la presente investigación, los cuales tuvieron un rango entre 16,6% y 16,9% con la aplicación de 125 y 250 kg de N ha⁻¹ respectivamente, rango en el cual está la cantidad aplicada de fertilizante comercial, aunque ligeramente superior que aquella utilizada para el fertilizante de lenta liberación.

Comparación económica

Para realizar esta comparación económica solamente se consideró el costo de los fertilizantes. De acuerdo con la cantidad de nitrógeno aplicado de cada fuente, el costo anual por hectárea para el nitrógeno de lenta liberación totalizó ϕ 135 501, mientras que con el nitrógeno de la fórmula comercial el costo anual fue de ϕ 165 210. En consecuencia, la utilización del nitrógeno de lenta liberación representa un ahorro anual de ϕ 29 709 por cada hectárea de pasto.

AGRADECIMIENTO

Se agradece el financiamiento parcial obtenido de FITTACORI, lo cual hizo posible la compra de insumos claves para la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

AOAC. (Association of Official Analytical Chemists, USA). 1990. 15th ed. Washington, D.C. 1008 p.

Castillo, E.; Coward, J.; Sánchez, J.M.; Jiménez, C.; López, C. 1983. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre la productividad, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. *Agronomía Costarricense*. 7(1/2):9-15.

Fernández-Escobar, R.; Benlloch, M.; Herrera, E.; Garcia-Novelo, J. 2004. Effect of traditional and slow release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching. *Scientia Horticulturae* 101:39-49.

Haydock, K.P.; Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15:663-670.

Molina, E. 2003. Fertilizantes de lenta liberación. En: *Fertilizantes: características y manejo*. CIA-UCR p. 103-111.

Montenegro, J.; Abarca, S. 2001. Importancia del sector agropecuario costarricense en la mitigación del cambio climático. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 96 p.

Montenegro, J.; Herrera, J. 2012. Determinación de la emisión de óxido nitroso en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo pastoreo: Efecto de diferentes fuentes y niveles de nitrógeno. En prensa. 19 p.

Van Soest, P.; Robertson, J., Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.

Wing Ching, R.; Cabalceta, G.; Alvarado, A. 2009. Impacto del pastoreo con ganado Holstein y Jersey sobre la densidad aparente de un andisol. *Agronomía Mesoamericana* 20(2):371-379.

