

EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA EPOCA SECA SOBRE PRODUCCION Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO KIKUYO BAJO PASTOREO EN EL CANTON DE CORONADO¹/*

Jorge Ml. Sánchez **
Juan Coward **
Carlos Jiménez **
Ramiro Sossa **
Carlos López ***

ABSTRACT

Effect of nitrogenous fertilization on productivity and nutritive value of Kikuyo grass under grazing during the dry season in the Coronado County. The effect of nitrogenous fertilization on productivity and nutritive value of Kikuyo grasses (*Pennisetum clandestinum Hochst*) under grazing, was evaluated during the dry season in the Coronado County. Treatments corresponded to the combination of three sources of nitrogen (urea-46% N-, ammonium sulfate-21% N- and ammonium nitrate-33.5% N-) and five levels (0,125, 250, 375 and 500 kg/ha/year). Sampling was done every 28 days from January to June.

Dry matter production, *in vitro* dry matter digestibility and contents of dry matter, crude protein and neutral detergent fiber differed ($P \leq 0,05$) among levels of fertilization. Average values obtained for these variables were 2.20 t/ha/harvest; 75.37%; 20.56%, 13.53% and 69.65%, respectively. Dry matter production as well as *in vitro* dry matter digestibility and crude protein content responded positively to increasing levels of fertilization, meanwhile contents of dry matter and neutral detergent fiber tended to diminish when biomass production increased.

Levels of fertilization affected growth reate ($P \leq 0.05$) and capacity of forage to recover applied nitrogen. Maximum growth rate (85.4 kg of DM/ha/day) was obtained at the level of 500 kg of N/ha/year and the highest value of recovered nitrogen (58,24%) at the dose of 250 kg of N/ha/year. Kilograms of dry matter produced per kilogram of applied nitrogen was not affected ($P \leq 0,05$) by the level of fertilization. The highest efficiency of this variable was shown at the dose of 125 kg of N/ha/year. Nitrogen source did not affect any of the evaluated variables.

The level of nitrogen most efficiently used by the plant is 125 kg of N/ha/year; this dose of fertilization also rendered a forage of good nutritional quality.

INTRODUCCION

La producción de forrajes puede basarse en el uso intensivo de los fertilizantes nitrogenados o en el uso del nitrógeno derivado de las leguminosas (9). El primero de estos sistemas es el que tradicionalmente se ha usado en las zonas productoras de leche del país, y que en la actualidad demanda un mejor conocimiento para poder adaptarlo a los constantes incrementos en los precios de los

1 Recibido para su publicación el 23 de mayo de 1985.

* Proyecto 02-07-06-50. Financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

** Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica.

*** Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.

fertilizantes.

El pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum Hochst*), al igual que los pastos tropicales, se caracteriza por su mediano valor nutritivo y porque su productividad se basa en la producción que puede rendir una carga animal alta y no por la producción que pueden ofrecer los animales en forma individual (9). De este modo el éxito en la explotación del pasto Kikuyo se basa en lograr una alta producción de biomasa, lo cual se logra mediante adecuados programas de manejo y fertilización. Castillo *et al.* (6) al fertilizar este forraje con niveles crecientes de nitrógeno han obtenido incrementos en la producción de materia seca, que llegan hasta un 38% con la dosis de 500 kg de nitrógeno/ha/año, con respecto al pasto sin fertilizar.

Morrison (9) ha informado que bajo sistemas de fertilización nitrogenada intensiva, el principal factor que limita la producción de forrajes es la cantidad de agua disponible en el suelo durante el período de crecimiento. La disponibilidad de agua está determinada por la precipitación durante los meses críticos de la época seca y por la capacidad del suelo para retener el agua en la zona de crecimiento radicular.

El objetivo de la presente investigación fue analizar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción, valor nutritivo y magnitud de utilización del fertilizante por la planta, durante el período de transición de la época seca a la lluviosa.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en el distrito de San Rafael, cantón Vásquez de Coronado, provincia de San José. Este distrito está a 1510 msnm y tiene una temperatura media anual de 18,8 C y una precipitación anual promedio de 2289 mm. La recolección del material experimental se realizó durante la época seca que comprende los meses de enero a abril, y durante los meses de mayo y junio que corresponden al inicio y establecimiento de esta estación lluviosa. Durante el período de enero a abril la precipitación promedio mensual fue de 39 mm, mientras que en el mes de mayo se incrementó a 244 mm y en junio a 332 mm.

Los suelos de la zona se clasifican como Typic Dystrandep y se caracterizan por ser profundos, derivados de cenizas volcánicas, con una densidad aparente muy baja, ricos en materia orgánica y bien drenados. En este tipo de suelos la fer-

tilidad normalmente está limitada por los bajos niveles de fósforo. La acidez del suelo por lo general no es un factor limitante para la producción de forrajes (3).

Las parcelas experimentales se establecieron seis meses antes de iniciarse el ensayo; a la siembra se aplicó 1000 kg/ha de carbonato de calcio y los microelementos cobre, zinc manganeso y molibdeno. Al iniciarse el período experimental el forraje se uniformó mediante el pastoreo realizado por un grupo de vacas en producción y se aplicó 250 kg/ha de P_2O_5 en forma de triple superfosfato, 150 kg/ha de potasio y 200 kg/ha de magnesio; estos últimos en forma de sulfomag (50% de $MgSO_4$ y 50% de K_2SO_4). Además se aplicó el tratamiento nitrogenado correspondiente a cada parcela experimental. Las parcelas eran de 4 m de largo por 3 m de ancho y pasillos con separación de 1 m. El diseño experimental usado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones (22). Los tratamientos consistieron en la combinación de tres fuentes de nitrógeno (urea-46% N-, sulfato de amonio-21% N- y nitrato de amonio-33,5% N-) y cinco niveles de aplicación (0, 125, 250, 375 y 500 kg de N/ha/año). La cantidad de nitrógeno correspondiente a cada una de las parcelas fue distribuida equitativamente a través del período experimental. Las aplicaciones se realizaron cada 28 días, después de tomar las muestras de forrajes y haber realizado la uniformación de las parcelas mediante pastoreo.

En cada muestreo se determinó la producción de Materia Seca (MS) por unidad de superficie, la tasa de crecimiento del forraje (producción de MS ÷ número de días de recuperación), porcentaje de recuperación del nitrógeno (kg de nitrógeno cosechados en el tratamiento "X" - kg de nitrógeno cosechados en el testigo) ÷ (kg de nitrógeno aplicados por corte al tratamiento "X") y 100 y kg de MS producidos por kg de nitrógeno aplicado (KMSKN) producción de MS del tratamiento "X" - producción de MS del testigo) ÷ (kg de nitrógeno aplicados al tratamiento "X").

El valor nutritivo del forraje fue evaluado mediante la determinación del contenido de MS y Proteína Cruda (PC); ambos analizados mediante la metodología del AOAC (1). Además se analizó el porcentaje de Fibra Neutra Detergente (FND) mediante la metodología descrita por Van Soest y Wine (24) y Goering y Van Soest (12) y la Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS), usando la metodología de Tilley y Terry (23), modificada por Goering y Van Soest (12). La información obtenida se sometió a análisis de varianza y

en los casos en que se obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0,05$), los promedios fueron comparados mediante la prueba de Duncan (22).

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción de materia seca

La producción media de MS obtenida durante el período experimental fue 2,20 t/ha/corte. Este valor supera la producción mencionada por Castillo *et al.* (16) de 1,55 t/ha/corte para el pasto Kikuyo cosechado durante la época lluviosa, y sometido a condiciones experimentales similares a las de este ensayo. La mayor producción de MS obtenida durante la época seca está determinada por la mayor concentración de MS en el forraje durante este período. No se encontraron diferencias significativas entre fuentes de nitrógeno; sin embargo las parcelas fertilizadas con urea tendieron a producir una mayor cantidad de MS. Figarella (10) y Keane *et al.* (14) también han encontrado que la fuente de nitrógeno no tiene un efecto significativo ($P \leq 0,05$) sobre la producción de los forrajes. Los niveles de aplicación afectaron ($P \leq 0,05$) la producción de MS y se observó que la producción con el tratamiento de 500 kg de N/ha/año fue mayor ($P \leq 0,01$) que con el tratamiento testigo (Cuadro 1). Esta respuesta positiva del pasto Kikuyo a la fertilización con dosis crecientes de nitrógeno coincide con los resultados obtenidos por otros autores (2, 6, 13, 15).

En el Cuadro 2 se observa que la producción

de MS difirió ($P \leq 0,05$) entre épocas de muestreo, obteniéndose un valor mínimo (1,72 t/ha/corte) durante los meses de abril y mayo y una máxima producción (2,59 t/ha/corte) durante el mes de junio. Este último valor no difirió de los obtenidos para los meses de enero, febrero y marzo. Los cortes correspondientes a las mínimas producciones están precedidos por meses de altas temperaturas y bajas precipitaciones y según Goold (13) esta condición climática produce en la planta un estrés de humedad, el cual se caracteriza porque la transpiración por el follaje es mayor que la absorción radical. Este déficit de agua reduce el área foliar, la capacidad de asimilación de nutrimento y la longitud del período de crecimiento. Las bajas producciones de MS también se deben al efecto adverso que el severo pastoreo causa en la pastura durante los meses de baja precipitación (5). La alta producción del mes de junio coincide con el establecimiento de las lluvias en la zona, lo cual determina una mayor disponibilidad de humedad y del nitrógeno para la planta, y por consiguiente una mayor producción de biomasa.

Contenido de materia seca en el forraje.

El contenido promedio de MS fue 20,56%, valor que contrasta con el nivel de 10,80% reportado por Castillo *et al.* (6) durante la época lluviosa. Se encontraron diferencias ($P \leq 0,01$) entre los niveles de fertilización, pero no entre las fuentes. El mayor contenido de MS (21,88%) se obtuvo con la dosis de 0 kg de N/ha/año y el menor (19,47%) con el nivel de 500. Otros autores

Cuadro 1. Producción media de materia seca en t/ha/corte del pasto Kikuyo fertilizado con cinco niveles y tres fuentes de nitrógeno, en cortes realizados cada 28 días.

Fuente	kg de nitrógeno/ha/año					
	0	125	250	375	500	\bar{X}
Urea	2,00	2,17	2,24	2,48	2,47	2,27 ^a
Nitrato de amonio	2,00	2,02	2,17	2,23	2,37	2,16 ^a
Sulfato de amonio	2,00	2,20	2,24	2,15	2,31	2,18 ^a
\bar{X}	2,00 ^a	2,13 ^{ab}	2,22 ^{ab}	2,29 ^b	2,38 ^b	2,20

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$)

Cuadro 2. Producción promedio de materia seca en t/ha/corte del pasto Kikuyo fertilizado con cinco niveles de nitrógeno y cosechado cada 28 días.

kg de N/ha/año	Epoca de Corte						
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	\bar{X}
0	2,18	2,37	2,42	1,73	1,56	1,71	2,00 ^a
125	2,36	2,43	2,33	1,61	1,55	2,53	2,13 ^{ab}
250	2,52	2,59	2,25	1,65	1,75	2,55	2,22 ^{ab}
375	2,50	2,36	2,27	1,72	1,80	3,09	2,29 ^b
500	2,72	2,41	2,28	1,88	1,94	3,07	2,38 ^b
\bar{X}	2,48 ^b	2,43 ^b	2,31 ^b	1,72 ^a	1,72 ^a	2,59 ^b	2,20

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$)

(4, 6, 25) también han informado que la fertilización del forraje con dosis crecientes de nitrógeno produce una disminución progresiva en el contenido de MS, explicando que la fertilización nitrogenada promueve un mayor crecimiento y succulencia del forraje.

Se encontraron diferencias ($P \leq 0,01$) en el contenido de MS entre cortes. El máximo valor se obtuvo durante el mes de abril (26,30%) y el menor durante junio (15, 17%). Estos valores siguen una tendencia inversa a la precipitación pluvial, e indican que la mayor cantidad de agua en suelo estimula el crecimiento del forraje y promueve la dilución de la MS.

Tasa de crecimiento del forraje.

El mayor contenido de MS en el forraje cosechado en esta investigación, contribuyó a que la tasa de crecimiento del pasto durante la época seca sea mayor (78,66 kg de MS/ha/día) que la obtenida por Castillo *et al* (6) durante la época lluviosa (59, 68 kg de MS/ha/día). Las fuentes de nitrógeno utilizadas no afectaron ($P \leq 0,05$) esta variable; sin embargo las parcelas fertilizadas con urea mostraron mayores tasas de crecimiento. Las dosis crecientes de nitrógeno tendieron a producir mayores tasas de crecimiento ($P \leq 0,01$) lográndose el mayor valor (85,04 kg de MS/ha/día) con el nivel de aplicación de 500 kg de N. Tendencias similares

han sido reportadas por varios investigadores trabajando en zonas tropicales (5, 6, 13).

La época de corte afectó ($P \leq 0,05$) este parámetro. Los mayores niveles se obtuvieron durante los meses de enero y junio (87, 63 y 92, 42 kg de MS/ha/día, respectivamente) y el mínimo durante abril (63, 36 kg de MS/ha/día), evidenciándose nuevamente el efecto de la humedad sobre la disponibilidad de nitrógeno y crecimiento de la planta (7).

Contenido de proteína cruda.

En el Cuadro 3 se puede observar que el contenido promedio de PC fue 13,53 %. Este valor difiere del obtenido por Castillo *et al* (6) durante la época lluviosa (17, 10% de PC). El contenido de PC aumentó ($P \leq 0,05$) al incrementar la dosis de nitrógeno, lográndose el mayor nivel con 500 kg de N/ha/año (14, 92% de PC). Estos valores coinciden con los reportados por Minson (17), Whitney (27) y Goold (13). La fuente de nitrógeno no afectó ($P \leq 0,05$) el contenido de PC.

La época de corte y por consiguiente la disponibilidad de agua en el suelo afectó ($P \leq 0,05$) el contenido de PC en el forraje, encontrándose el máximo nivel durante (15, 62%) y el mínimo durante abril (12, 75%). Es posible que estos niveles de PC correspondan, respectivamente, a períodos de alta y baja disponibilidad de nitrógeno en el suelo, lo cual a su vez está determinado por la

precipitación pluvial y actividad microbiológica del suelo en los períodos previos a estos cortes (19).

cual contrasta con el mencionado por Castillo *et al* (6), 55, 42%, para el mismo pasto cosechado durante la época lluviosa.

Coward *et al* (8) han afirmado que uno de los principales factores que afectan el contenido de FND en el forraje son las condiciones ambientales durante la época de crecimiento de la planta, lo cual explica las diferencias ($P \leq 0,05$) encontradas entre épocas de muestreo para esta variable.

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

El valor promedio de DIVMS fue 75, 37%, (Cuadro 4) el cual es ligeramente inferior al

Contenido de fibra neutro detergente.

Se encontraron diferencias ($P \leq 0,05$) entre los niveles de fertilizante pero no entre las fuentes. Los valores extremos obtenidos para los niveles de aplicación fueron 71, 36% para el tratamiento testigo y 68, 25% para la dosis de 500 kg/ha. Castillo *et al* (6) también han encontrado que la fertilización nitrogenada tiende a reducir los niveles de FND en el forraje. El valor medio obtenido fue 69, 95%, el

Cuadro 3. Porcentaje promedio de proteína cruda del pasto Kikuyo fertilizado con cinco niveles y tres fuentes de nitrógeno, en cortes realizados cada 28 días (base seca).

Fuente	kg de nitrógeno/ha/año					
	0	125	250	375	500	\bar{X}
Urea	12,10	13,67	12,90	13,23	15,20	13,42 ^a
Nitrato de amonio	12,10	12,48	14,50	14,43	14,65	13,63 ^a
Sulfato de amonio	12,10	12,08	14,90	13,60	14,90	13,52 ^a
\bar{X}	12,10 ^a	12,74 ^a	14,10 ^b	13,76 ^b	14,92 ^c	13,53

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$).

Cuadro 4. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del pasto Kikuyo fertilizado con tres fuentes y cinco niveles de nitrógeno, en cortes realizados cada 28 días.

Fuente	kg de nitrógeno/ha/año					
	0	125	250	375	500	\bar{X}
Urea	72,96	76,47	74,39	74,93	79,23	75,60 ^a
Nitrato de amonio	72,96	74,03	75,87	76,19	77,39	75,29 ^a
Sulfato de amonio	72,96	73,24	77,40	75,64	76,89	75,23 ^a
\bar{X}	72,96 ^a	74,58 ^b	75,89 ^b	75,58 ^b	77,83 ^c	75,37

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$).

informado por Castillo *et al* (6) para este pasto cosechado durante la época lluviosa. La aplicación de nitrógeno afectó positivamente la DIVMS y al nivel de 500 kg de N/ha/año se obtuvo un valor de 77, 38%, el cual es mayor ($P \leq 0,05$) que el encontrado en los otros niveles. Diferentes autores (20, 21) también han encontrado incrementos en el valor nutritivo de los pastos tropicales al aplicar dosis crecientes de nitrógeno.

Según Forde *et al* (11) y Moir *et al* (18) las condiciones ambientales tienen un efecto importante sobre la DIVMS. En los meses de febrero, marzo y abril (baja precipitación) se obtuvieron valores de 77, 99 y 78, 99% respectivamente. La DIVMS siguió una tendencia similar al contenido de PC en la planta.

Recuperación de nitrógeno.

En el Cuadro 5 se puede observar que la recuperación media de nitrógeno fue 49, 39%. Este valor no es representativo de la época seca, ya que está determinado por el valor obtenido durante junio (130, 95%), mes en que la alta precipitación estimuló la absorción de este nutrimento. Se encontraron diferencias ($P \leq 0,05$) entre los niveles de aplicación de fertilizante y el mayor valor de recuperación se logró con la dosis de 250 kg de N/ha/año y correspondió a 58, 24%. Castillo *et al* (6) y Lazemby y Lovett (16) también encontraron los mayores valores de recuperación del nitrógeno a este nivel de fertilización. No se encontraron diferencias entre fuentes, sin embargo en las parcelas

fertilizadas con urea se obtuvieron los mejores valores para esta variable.

Se encontró que el comportamiento de la precipitación afecta ($P \leq 0,01$) las tasas de recuperación del nitrógeno. En los meses de mayo y junio se obtuvieron valores de 42, 51 y 130, 95%, respectivamente; mientras que el valor más bajo (8, 40%) se obtuvo durante el mes de abril. Colman y O'Neill (7) también han encontrado una correlación entre el porcentaje de recuperación del nitrógeno y la humedad del suelo. Estos resultados indican que la fertilización no puede ser constante a través del año, ya que durante los meses de escasa precipitación el nitrógeno es poco utilizado por la planta.

Producción de kilogramos de materia seca por kilogramo de nitrógeno aplicado.

Esta variable no fue afectada ($P \leq 0,05$) por el nivel de fertilización ni por la fuente de nitrógeno. Sin embargo se observó que la urea fue la fuente más eficiente (16, 07 KMSKN) y que al incrementarse la dosis de nitrógeno la eficiencia de utilización de este elemento disminuyó progresivamente. El valor promedio obtenido fue 12, 34 KMSKN, el cual coincide con los mencionados por Vicente-Chandler *et al* (25) y Castillo *et al* (6).

La eficiencia de utilización del nitrógeno siguió la misma tendencia que la precipitación pluvial. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los meses de muestreo, obteniéndose un valor máximo (53, 08 KMSKN) du-

Cuadro 5. Porcentaje promedio de recuperación del nitrógeno en pasto Kikuyo fertilizado con tres fuentes y cinco niveles de nitrógeno.

Fuente	kg de nitrógeno/ha/año				
	0-125	0-250	0-375	0-500	\bar{X}
Urea	86,04	41,44	53,44	56,96	59,47 ^a
Nitrato de amonio	18,14	57,36	45,65	44,90	41,51 ^a
Sulfato de amonio	40,16	75,91	30,07	43,55	47,42 ^a
\bar{X}	48,11	58,24	43,05	48,47	49,47

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($P \leq 0,05$).

rante junio y un mínimo (-3, 52 KMSKN) en abril. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Lazemby y Lovett (16). Esta variable siguió un comportamiento similar al observado para la recuperación del nitrógeno.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al analizar los diferentes índices considerados para cuantificar la eficiencia con que la planta utilizaba el nitrógeno, se concluye que bajo las condiciones estudiadas la dosis de 125 kg de N/ha/año es el más adecuado para la fertilización del pasto Kikuyo. Con respecto a las fuentes de nitrógeno evaluados se observó que el fertilizante a usar debe ser aquel que ofrezca el mejor precio de oportunidad en el mercado, ya que estos no afectan ($P \leq 0,05$) la eficiencia con que el forraje utiliza este nutrimento.

La producción de materia seca y su valor nutricional tendieron a mejorar al aplicar dosis crecientes de nitrógeno; sin embargo al nivel de 125 kg de N/ha/año se obtuvo un forraje de buena calidad para la alimentación del ganado lechero, y los incrementos en el valor nutritivo del pasto obtenidos con dosis mayores a ésta no fueron importantes. El contenido de materia seca del pasto durante el período experimental fue adecuado para la alimentación de bovinos, a excepción de los meses de enero y junio en que se obtuvieron valores inferiores a 17% de materia seca. Se sugiere suplementar a los animales con alimentos fibrosos durante los meses en que los forrajes sean muy succulentos, con el objeto de reducir la velocidad de pasaje de los alimentos a través del tracto digestivo y lograr que los animales hagan un mejor uso de los nutrimentos presentes en el pasto.

Debido a la respuesta tan limitada del pasto a la fertilización nitrogenada durante los meses de baja precipitación, se recomienda evaluar diferentes sistemas de aplicación de nitrógeno que incluyan períodos y dosis desiguales, con el objeto de determinar en cuál época del año hay un mejor aprovechamiento del fertilizante por el forraje.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y valor nutritivo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hochst) bajo pastoreo, durante la época seca en el cantón Vásquez de Coronado. Este cantón está localizado

a 9° 58' latitud norte y 83° 59' longitud oeste, la altitud es 1510 msnm y la precipitación anual y temperatura promedio son 2289 mm y 18, 8c; respectivamente. Los tratamientos correspondieron a la combinación de tres fuentes de nitrógeno (urea 46% N-, sulfato de amonio-21% N- y nitrato de amonio-35, 5% N-) y cinco niveles (0, 125, 250, 375 y 500 kg de N/ha/año). Los muestreos se realizaron cada 28 días, durante el período de enero a junio.

La producción de materia seca, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y los contenidos de materia seca, proteína cruda y fibra neutro detergente difirieron ($P \leq 0,05$) entre los niveles de fertilización. Los valores promedio obtenidos para estas variables fueron 2,20 t/ha/corte; 75, 37% ; 20, 56%; 13, 53% y 69, 65%, respectivamente. Tanto la producción de materia seca como la digestibilidad *in vitro* y el contenido de proteína cruda respondieron positivamente a los niveles crecientes de fertilización, mientras que el contenido de materia seca y de fibra neutro detergente tendieron a disminuir al incrementarse la producción de biomasa.

Los niveles de fertilización afectaron ($P \leq 0,05$) la tasa de crecimiento y la capacidad del pasto para recuperar el nitrógeno aplicado. La máxima tasa de crecimiento (85, 04 kg de MS/ha/día) se obtuvo con el nivel de 500 kg de N/ha/año y el mayor valor de recuperación de nitrógeno (58,24%) con la dosis de 250 kg de N/ha/año. La producción de kilogramos de materia seca por kilogramo de nitrógeno aplicado no fue afectada ($P \leq 0,05$) por el nivel de fertilización. La dosis de 125 kg de N/ha/año mostró la mayor eficiencia para esta variable. Ninguna de las variables evaluadas fue afectada por la fuente de nitrógeno.

Los resultados obtenidos bajo las condiciones evaluadas indican que la fuente de nitrógeno a utilizar debe ser aquella que ofrezca el mejor precio de oportunidad en el mercado, y que la dosis más eficientemente usada por el pasto y que ofrece un forraje de buen valor nutricional es la de 125 kg de N/ha/año.

LITERATURA CITADA

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 12th ed. Washington, D.C., 1975. 1008 p.

2. AWAD, A.S., EDWARDS D.G. y HUETT D.H. Seasonal changes in the chemical composition on heavily fertilized kikuyo pasture and their potential effects on the mineral nutrition of grazing cattle. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 19 (17):183-191. 1979.
3. BERTSCH, F. Fertilidad de nueve suelos clasificados como Typic dystrandept en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 122 p.
4. BINNIE, R.C., HARRINGTON F.J. y MURDOCH J.C. The effect of cutting height and nitrogen level on the yield, *in vitro* digestibility and chemical composition of Italian Ryegrass swards. *Journal of the British Grassland Society* 29 (1): 57-62. 1974.
5. CARRILLO, G.F. Frecuencias de pastoreo y fertilización nitrogenada en la producción de seis gramíneas tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1974. 91 p.
6. CASTILLO, E., COWARD, J., SANCHEZ J. ML., JIMENEZ, C., y LOPEZ C. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre productividad, composición química y digestibilidad *in vitro* del pasto kikuyo bajo pastoreo en el cantón de Coronado. *Agronomía Costarricense* 7 (1/2):9-15. 1983.
7. COLMAN, R.L. y O'NEILL G.H. Seasonal variation in the potential herbage production and response to nitrogen by kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*). *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 91 (1):81-90. 1978.
8. COWARD, J., ARROYO J.A. y GARCIA O. Fibrous carbohydrate fractions and *in vitro* true apparent digestibility of 10 tropical forage grasses. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 58:293-303. 1974.
9. DE GEUS, J.G. Production potentialities of pastures in the tropics and subtropics. Centre d'Etude de l'Azote, Switzerland. 1977.
10. FIGARELLA, J., ABRUÑA, F., y VICENTE-CHANDLER, J. Effect of five nitrogen source applied at four rates to Pangola grass sod under humid tropical conditions. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56 (4):410-416. 1972.
11. FORDE, B.J., SLACK, C.R., ROUGHAN, P.G. HASLEMORE, R.M. y McLEOD, M.N. Growth of tropical and temperate grasses at Palmerston North. II Total nitrogen, soluble sugar, starch, and *in vitro* digestibility determinations. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 19 (4):481-498. 1976.
12. GOERING, H.K. y VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). USDA. Agricultural Handbook. Washington, D.C., 1970. 5 p.
13. GOOLD, G.J. Effect of nitrogen and cutting interval on production of grass species swards in Northland, New Zealand. I. Kikuyo dominant swards. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 7 (4): 353-359. 1979.
14. KEANE, G.P., GRIFFITH, J.A. y O'REILLY, J. A comparison of calcium ammonium nitrate, urea and sulphate of ammonia as nitrogen sources for grass. *Irish Journal of Agricultural Research* 13 (3):293-300. 1974.
15. KEMP, D.R. The growth of three tropical grasses on the mid-north coast of New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16 (8):383-386. 1976.
16. LAZEMBY, A. y LOVETT, J.V. Growth of pasture species on the Northern Tablelands of New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research* 26(2):269-180. 1975.
17. MINSON, J.D. Effect of fertilizer nitrogen on digestibility and voluntary intake of *Chloris gayana*, *Digitaria decumbens* and *Pennisetum clandestinum*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 13:153-157. 1973.
18. MOIR, K.W. WILSON, J.R. y BLIGHT, G.W. The *in vitro* digested cell wall and fermentation characteristics of grasses as affected by temperature and humidity during their growth. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 88(1):217-222. 1977.
19. MORRISON, J. The influence of climate and soil on the yield of grass and its response to fertilizer nitrogen. *In Proc. Int. Symp. Eur. Grassland Fed. on the role of nitrogen in intensive grassland production. Wageningen. PUDOC. Wageningen, Holland, 1980. pp. 51-57.*
20. RESS, M.C. y MINSON, D.J. The validity of *in vitro* technique using rumen fluid or cellulase for predicting changes in dry matter digestibility of grasses caused by fertilized calcium, sulphur, phosphorus and nitrogen. *Grass and forage Science* 34:19-25. 1979.

21. RUIZ, S. Cambios en el rendimiento y valor nutritivo de los pastos Kikuyo *Pennisetum clandestinum*) y Estrella Africana (*Cynodon nlenfluensis*) fertilizados durante la época seca. Tesis Ing. Agr. San José. Universidad de Costa Rica, 1978. 99 p.
22. STEEL, R.G.D. y TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. 2nd ed. Mc Graw-Hill Book Co., New York, N.Y., 1980. 481 p.
23. TILLEY, J.M.A. y TERRY, R.A. A two stages technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of British Grassland Society 18 (22):104-111. 1963.
24. VAN SOEST, P.J. y WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feed. II. A rapid method for the determination fo fiber and lignin. Journal of the Association of Official Analytical Chemists 46:829-835. 1963.
25. VICENT-CHANDLER, J., SILVA, S., ABRUÑA, F. y RODRIGUEZ, J.A. Effect of two cutting heights, four harvest intervals and five nitrogen rates on yield and composition of Congo Grass under humid tropical conditions. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 56 (3):279-296, 1972.
26. VICENT-CHANDLER, ABRUÑA, F., CARO-COSTAS, R., FIGARELLA, J., SILVA, S. y PEARSON, R.W. Intensive grassland management in the humid tropics of Puerto Rico. University of Puerto Rico, Mayaguez Campus, College of Agricultural Sciences. Agricultural Experimental Station, Rio Piedras. Bulletin 233. 1974, 152 p.
27. WHITYNEY, A. S. Growth of Kikuyo grass(*Pennisetum clandestinum*) under clipping. I. Effects of nitrogen fertilization, cutting interval, and season on yield and forage characteristics. Agronomy Journal 66 (2): 281-287. 1974.