

EFECTO DE DOS INHIBIDORES DE LA NITRIFICACION SOBRE LA CONCENTRACION DE NITRATOS EN PASTO ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.)

César A. Muñoz Q.*
Henry A. Grajales L.*
Hugo Sanchez G. **

COMPENDIO

Se compararon dos inhibidores de la nitrificación (Sulfatiazol, N-Serve) y las tendencias de la conversión de amonio a nitrato en el suelo y la concentración de este ión en el pasto según la fuente (Urea, Nitrón 26) y las dosis de nitrógeno (100, 200 kg/ha). Las concentraciones de nitratos en los suelos y en el tejido vegetal tendieron a incrementarse a medida que aumentaban los niveles de fertilización. La efectividad de los inhibidores se encuentra determinada por los niveles de fertilización y, en algunos casos, por las condiciones medioambientales presentes.

ABSTRACT

It was compared the grade of inhibition of two inhibitors products of the nitrification (Sulfatiazol, N-Serve) and the tendencies on the conversion of ammonium into nitrate in the ground and the concentration of this ion on *Pennisetum purpureum* Schum. depending on the source (urea, Nitron 26) and the quantity of nitrogen (100, 200 kg/ha). The concentrations of nitrates on the grounds and the vegetal tissue stretched to intensity at the same time as were increase the levels of nitrogenous. The effectiveness of the inhibitors is determined for the employed levels and in some cases for the present environment conditions.

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

** Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

1. INTRODUCCION

En la actualidad la fertilización nitrogenada es la herramienta más utilizada para tratar de aumentar la producción de los cultivos. Debido a que la forma nítrica es la más utilizada por la planta para continuar su metabolismo, se recurre a veces, directamente a los nitratos, los cuales, bien sea por su gran cantidad o en ciertas condiciones se acumulan, constituyéndose en sustancias potencialmente tóxicas para los ganados.

Algunas plantas por sus particularidades fisiológicas son notables por su tendencia a acumular altos contenidos de nitratos y nitritos. El **Pennisetum purpureum**, Schum, pasto "Elefante" es una gramínea utilizada como pasto de corte, aunque también para pastoreo en algunas regiones. En el Valle del Cauca (Colombia), se registró la intoxicación de bovinos por nitratos acumulados en este pasto, en la cual parecieron influir el estado de fertilidad del suelo sumado a condiciones climáticas favorables (Guzmán, Morales y Ochoa, 3).

La intoxicación por nitratos acarrea abortos, reducción en la producción lechera, interferencia deletérea en la transformación del coroteno en vitamina A, etc; casos de muerte se han señalado en diversos países (Rilancio, 7). También se ha informado intoxicación por nitratos en equinos y bovinos, considerándose que son más afectados los últimos porque su metabolismo y absorción de nitrato y la reducción de productos ocurre en el rumen, anterior al estómago (Wright y Davinson, 8). En Colombia el problema de acumulación de nitratos en plantas forrajeras es de notable incidencia en el proceso productivo de la ganadería (El Nitrato, 1).

Considerando lo expuesto, se pensó en la utilización de inhibidores de la nitrificación, importantes como "retardadores" de la conversión del amonio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-). De esta forma se trazaron como objetivos para el trabajo cuantificar el proceso de conversión de amonio a nitrato en el suelo y las concentraciones de este ión en el pasto elefante a dos edades de corte y comparar el grado de inhibición y las tendencias sobre el proceso en estudio, según la fuente y las dosis de nitrógeno aplicado al pasto.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En el ensayo se utilizaron pasto elefante que tenía entre 1 y 2 años de establecido, dos fuentes nitrogenadas (Urea y Nitrón 26) y dos inhibidores de la nitrificación (N-Serve y Sulfatiazol).

Los tratamientos aplicados fueron: 1) Urea (100 kg N/ha), 2) Urea (200 kg N/ha), 3) Urea (100 kg N/ha) + Sulfatiazol (0.5 g/kg Urea), 4) Urea(200

kg N/ha) + Sulfatiazol (0.5 g/kg Urea), 5) Urea (100 kg N/ha) + N-Serve (3 l/ha), 6) Urea (200 kg N/ha) + N-Serve (3 l/ha), 7) Nitrón 26 (100 kg N/ha), 8) Nitrón 26 (200 kg N/ha) y 9) Testigo.

El experimento se dividió en dos fases de 56 días (frecuencia de corte) que siguieron a un corte de uniformización. Las unidades experimentales estaban constituidas por parcelas de 50 m² (10 x 5 m) con un área efectiva de muestreo de 24 m². El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar, por cuanto se trataba de obviar al máximo la variabilidad que se presentaba entre unidades experimentales en el área escogida. Fueron 4 bloques constituidos cada uno por 9 parcelas.

Las variables producción de forrajes verde (PFV) y relación hoja: tallo (R. H: T) se midieron en cada fase a los 56 días de edad del pasto. Para la evaluación de la producción de forraje verde se utilizó el método del cuadrado denudado; para la evaluación de la relación hoja: tallo se tomaron 12 plantas al azar del material cosechado en cada parcela. La concentración de nitratos en tejido vegetal se empleó el método colorimétrico de Harris y en la determinación de nitratos en el suelo el método del Acido 2, 4 Fenoldisulfónico. La información obtenida se analizó estadísticamente mediante pruebas de F, DMS, Duncan y DHS.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Producción de forraje verde.

En las dos fases, se hizo evidente el incremento en la producción de forraje verde cuando se utilizó la fertilización nitrogenada, indistintamente de la fuente (Cuadro 1).

En la Fase I, la mayor producción de forraje verde (10.4 kg/m²) se obtuvo con la aplicación de Nitrón 26 en un nivel de 200 kg/ha (T₈). En la Fase II, con 100 kg N/ha (T₇) el rendimiento promedio fue de 10.6 kg/m² y de 10.43 kg/m² con 200 kg N/ha (T₈). Resultado que podría explicarse por la mayor rapidez de acción del Nitron 26.

Los inhibidores de la nitrificación no mostraron diferencia significativa en cuanto a producción de forraje, ni entre ellos ni entre las fuentes nitrogenadas.

En los tratamientos en que se empleó la Urea con sulfatiazol (T₃ y T₄) en ambas fases, tendió a disminuir la producción de forraje a medida que aumentaba el nivel de fertilización; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente superiores de los tratamientos del mismo nivel.

Cuadro 1

Promedio de producción de forraje verde (kg / m²) y en pasto elefante (corte a los 56 días)

	TRATAMIENTOS									D.M.S. (P 0.10)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		\bar{X}
FASE I	6.98	7.16	8.35	7.18	6.78	7.03	6.94	10.40	5.66	7.39	2.63
FASE II	7.48	8.20	10.05	7.25	7.15	6.65	10.94	10.43	4.68	8.05	2.84
\bar{X}	7.23	7.68	9.20	7.21	6.96	6.48	8.77	10.41	5.17	7.72	

3.2. Relación hoja:tallo.

La mayor relación promedia hoja:tallo (1:1.80) se presentó en la Fase I (Cuadro 2), cuando se aplicaron los tratamientos Urea 200 kg N/ha (T_2) y Urea 100 kg N/ha más sulfatiazol (T_3). La menor (1:1.38) ocurrió en la Fase II, al aplicar el tratamiento Urea 200 kg N/ha más N-Serve (T_6).

La mejor relación se logró en la Fase II, cuando se presentó también la mayor producción de forraje verde. Puede afirmarse entonces, que en las variables relación hoja:tallo y producción de forraje verde influyó en mayor ó menor grado la precipitación.

En ambas fases, la relación hoja:tallo tiende a ser menor cuando se emplea Urea más N-Serve a niveles de 200 kg/ha (T_6), en comparación con los tratamientos del mismo nivel.

Si bien se aprecian ciertas diferencias, que pueden tener importancia biológica entre tratamientos, el análisis estadístico indica que éstas no son significativas a excepción de la comparación entre inhibidores a niveles altos de fertilización nitrogenada.

3.3. Concentración de nitratos en el tejido vegetal.

Los resultados de los análisis muestran generalmente que a medida que aumenta la edad del pasto, decrecen las concentraciones de nitratos.

La concentración promedia de nitratos en tejido vegetal para ambas fases (Cuadro 3), comprueba que tienden a aumentar a medida que se incrementa el nivel de fertilización nitrogenada (Joshi y Prasad, 4; Moeller y Thurman, 6).

La concentración promedia general (377.48 ppm) no alcanza un nivel que pueda afectar la salud o la producción animal, sin embargo, algunos promedios por tratamiento sobrepasan la concentración mínima que puede en un momento causar problemas.

En la Fase II se encontraron menores concentraciones de nitratos, tanto a los 42 como a los 56 días. Tal disminución se podría explicar si se considera que, a pesar de haberse presentado mucha similitud en cuanto a temperatura ambiente promedio, el volumen total de precipitación fue mayor en la Fase II, lo que traería como resultados mayores pérdidas de nitrógeno en el suelo, y por ende, menos posibilidades de acumulación de nitratos por las plantas.

Cuadro 2

Promedio de la relación hoja tallo del forraje verde en pasto elefante (corte a los 56 días)

	TRATAMIENTOS									D.M.S. (P.0.10)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		\bar{X}
FASE I	1.78	1.80	1.80	1.78	1.60	1.50	1.65	1.75	1.63	1.70	0.32
FASE II	1.63	1.58	1.65	1.70	1.60	1.38	1.73	1.75	1.43	1.61	0.32
\bar{X}	1.70	1.69	1.72	1.74	1.60	1.44	1.69	1.75	1.53	1.65	

Cuadro 3

Concentración promedio de nitratos (ppm B. S.) en pasto elefante

	TRATAMIENTOS									D.M.S. (P 0.10)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		\bar{X}
\bar{X} 42 Días	338.40	454.30	546.70	334.50	360.90	398.50	519.90	596.20	126.40	408.40	324.95
\bar{X} 56 Días	272.00	497.10	438.40	273.00	126.20	529.70	356.80	926.40	208.20	403.10	361.00
\bar{X} FASE I	305.20	475.70	492.60	303.80	243.60	464.10	438.40	761.30	167.30	405.70	
\bar{X} 42 Días	371.30	291.30	479.70	429.50	595	478.70	368.60	345.10	19.90	375.40	327.90
\bar{X} 56 Días	87.40	441.80	460.20	178.20	247.50	477.20	436.70	534.90	43.10	323.00	316.49
\bar{X} FASE II	229.40	366.60	470.0	303.90	421.30	478.00	402.70	440.0	31.50	349.20	
\bar{X} GENERAL	267.30	421.20	481.30	303.80	332.50	371.50	420.50	600.70	99.40	377.48	

La fuente Nitrón 26 (nitrato de amonio) presenta las mayores concentraciones de nitratos a nivel de 100 kg N/ha (T_8), excepto para los 42 días de la Fase II. Como durante el período de transición entre las dos fases evaluativas, se incrementó la precipitación, se puede suponer que su acción se vió afectada por la característica higroscópica de este producto y por su alta solubilidad.

La Urea ($T_1 - T_2$) y la Urea más el N-Serve ($T_5 - T_6$) presentaron comportamientos similares, siendo bajas las concentraciones de nitratos a nivel de 200 kg N/ha y altas a niveles de 100 kg N/ha, pero el comportamiento a los 42 días de la Fase II no mostró la misma tendencia, lo cual se puede explicar por las mismas circunstancias que afectaron la acción del Nitrón 26.

En los tratamientos donde se empleó N-Serve ($T_5 - T_6$) las concentraciones de nitratos fueron menores en el nivel bajo de fertilizante (100 kg N/ha), resultado similar al citado por Keeney (5). Muchos de los factores que regulan la nitrificación afectan la persistencia del Nitrapyrin en el suelo; por ejemplo mientras la nitrificación aumenta con el aumento de la temperatura del suelo la persistencia del Nitrapyrin disminuye. Así la acumulación de nitratos en algunos suelos y por consiguiente en las plantas, puede aumentar al subir la temperatura del primero, incluso cuando el inhibidor se aplica en la dosis adecuada (Gerónimo, 2).

En el tratamiento en el cual se utilizó la Urea tratada con sulfatiazol en un nivel de 200 kg N/ha (T_4), las concentraciones de nitratos fueron menores (Cuadro 4); los resultados fueron contrarios a los 42 días para la Fase II. Joshi y Prasad (4) en un experimento con avena forrajera *Avena sativa* L. obtuvieron resultados similares.

El análisis de varianza para la variable concentración de nitratos en tejido vegetal indica diferencia significativa para la comparación Testigo vs. Aplicaciones en las Fases I y II, a los 42 días y en la Fase II a los 56 días. Igualmente se presenta diferencia significativa para la comparación entre fuentes de nitrógeno en la Fase I a los 42 días. Aunque los resultados por lo general no presentaron diferencias estadísticamente significativas por el alto error experimental (E^2 entre 33 y 44 o/o), el cual es causado principalmente por las variaciones entre bloques (replicaciones), la diferencia debe considerarse biológicamente significativa.

3.4. Concentración de nitratos en los suelos.

No se presenta claridad en los resultados de esta variable, no obstante se pueden visualizar algunas tendencias. En ambas fases, el promedio general de la concentración de nitratos a los 56 días fue menor que a los 42 días (Cuadro 5).

Cuadro 4

Porcentaje de nitrato en pasto elefante (corte a los 56 días)

	Niveles de nitrógeno (kg/ha)	Fuentes de nitrógeno			
		Urea	Urea Sulfatazozol	Urea N-Serve	Nitron 26
FASE I	100	0.5440	0.8768	0.2525	0.7173
	200	0.9941	0.5406	1.0594	1.8529
FASE II	100	0.1748	0.9204	0.4949	0.8734
	200	0.8836	0.3563	0.9543	1.0697

Cuadro 5

Concentración promedio de nitratos en suelos (ppm B. S.)

	TRATAMIENTOS									D. M. S. (P 0.10)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		\bar{X}	
FASE I												
\bar{X} 42 Días	3.50	9.70	4.40	18.90	85.70	13.60	6.70	19.70	3.30	16.40	39.30	
\bar{X} 56 Días	2.50	17.30	3.40	5.10	4.70	42.80	18.10	11.30	3.10	12.10	31.60	
\bar{X}	3.00	13.50	3.90	12.00	45.20	28.20	12.40	15.50	3.20	15.20		
FASE II												
\bar{X} 42 Días	4.10	35.40	24.10	9.60	52.50	9.60	68.70	158.50	2.30	40.50	124.60	
\bar{X} 56 Días	2.30	11.00	7.80	15.30	8.10	137.20	12.40	48.90	2.30	27.30	108.80	
\bar{X} GENERAL	3.11	18.17	9.95	12.23	37.76	50.81	28.47	59.65	2.76	24.58		

Al incrementar los niveles de fertilización nitrogenada generalmente aumentan las concentraciones de nitratos en el suelo, aunque no fueron sustanciales las variaciones en los tratamientos donde se empleó Urea ($T_1 - T_2$) y Urea tratada con sulfatiazol ($T_3 - T_4$).

En los tratamientos con Urea más N-Serve ($T_5 - T_6$), la tendencia a los 42 días fue contraria en las Fases I y II. En ambas fases, al fertilizar con 100 kg N/ha la concentración de nitratos fue menor a los 56 días y por el contrario fue mayor al emplear 200 kg N/ha.

El comportamiento del N-Serve es bastante complejo, en este caso puede haberse visto afectada negativamente la actividad del Nitrapyrin por la humedad del suelo, siendo hidrolizado a una forma inefectiva mucho más rápidamente. También es menos efectivo en suelos con alto contenido de materia orgánica pues ésta absorbe al inhibidor anulando su efecto.

En el análisis de varianza para la variable concentración de nitratos en el suelo tan solo se encontró diferencia significativa para la comparación entre inhibidores a los 42 días, Fase I y para la comparación entre fuentes de nitrógeno a los 42 días Fase II.

Se realizó el análisis de covarianza para las variables concentración de nitratos en tejido vegetal (variable dependiente) y concentración de nitratos en suelos (variable independiente). Teóricamente existe una correlación positiva entre estas dos variables.

Este experimento aunque presentó generalmente coeficiente de regresión positivos, excepto para un caso, no permite afirmar que la relación entre las dos variedades sea significativa.

Los coeficientes de regresión para la Fase I (0.959 ppm de nitratos a los 42 días y 2.850 ppm a los 56 días) y para la Fase II (-0.271 y 0.432 ppm) indican que al incrementarse la concentración de nitratos en el suelo en una ppm se produce un incremento en la concentración de nitratos en el tejido vegetal igual al valor del coeficiente de regresión.

4. CONCLUSIONES

4.1. La concentración de nitratos en los suelos tendió a incrementarse a medida que aumentaron los niveles de fertilización nitrogenada; las concentraciones de nitratos en el pasto Elefante fueron mayores a medida que aumentó el nivel de fertilización nitrogenada y tendieron a disminuir al aumentar la edad del pasto.

- 4.2. La efectividad de los inhibidores se encuentra determinada por los niveles de fertilización y, en algunos casos, por las condiciones ambientales presentes.
- 4.3. El inhibidor N-Serve (Nitrapyrin) puede tener respuesta positiva, reduciendo las concentraciones de nitratos (hasta ± 40 o/o), cuando se emplean niveles bajos de fertilización (Urea), siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables y el equipo utilizado para su incorporación sea el adecuado.
- 4.4. El Sulfatiazol disminuye las concentraciones de nitratos (hasta ± 50 o/o) cuando se emplea con un nivel alto de fertilizante nitrogenado (Urea), siendo continua su acción ante diversas condiciones ambientales.
- 4.5. El inhibidor de la nitrificación N-Serve ofreció mejores resultados desde el punto de vista biológico, ya que redujo las concentraciones de nitratos en el pasto elefante, sin provocar disminución apreciable en la producción de forraje verde y sin desmejorar la relación hoja:tallo.
- 4.6. Resulta muy difícil determinar experimentalmente la relación que existe entre la concentración de Nitratos (NO_3^-) en el suelo y en el tejido vegetal, en razón a que en este tipo de trabajos toman parte procesos complejos (clima, suelo, planta, etc) que conviene observar en ensayos simultáneos en condiciones de laboratorio, invernadero y campo a fin de establecer en forma más precisa los factores más incidentes sobre la acumulación de nitratos (NO_3^-) en la planta forrajera.

5. BIBLIOGRAFIA

1. EL NITRATO: Un tóxico agazapado en el kikuyo. El Tiempo, Bogotá, Colombia, abril 27, 1985. p. 1F Ultima F. Suplemento Tierras y Ganado.
2. GERONIMO, J. N-Serve. Nitrogen stabilizer a historical summary of basic research and development I. Dow Chemical, 1979. 25 p.
3. GUZMAN, V.; MORALES, G.; OCHOA, R. Intoxicación en bovinos por nitratos acumulados en pasto elefante **Pennisetum purpureum** Schum. Revista ICA (Colombia). v. 13 n. 1. p. 113-118. 1978.
4. JOSHI, B. S.; PRASSAD, R. The effects of rates of application and sources of nitrogen on nitrate concentration in oat forage. Journal of the British Grassland Society. v. 32. p. 213-216. 1977.

5. KEENEY, D. R. Factors affecting the persistence and bioactivity of nitrification inhibitors. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America. Special Publication. Number 38. p. 33 -46. 1980.
6. MOELLER, W. J.; THURMAN, R. L. Nitrate content of fall- sown rye, wheat, and oat forages. Agronomy Journal. v. 58 p. 627- 628. 1966.
7. RILANCIO, A. B. Nitratos y nitritos en la hierba y en los henos. El Campo (México) v. 49. n. 955. 1971. (Tomado de Gaceta Veterinaria. (Argentina). v. 11 n. 12. 1970).
8. WRIGHT, J.; DAVINSON, L. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Advances in Agronomy. v. 16. p. 197- 247. 1964.