

ASPECTOS DE LA NUTRICION NITROGENADA DE *Paspalum notatum*
FLÜGGE, EN RESPUESTA A FUENTES DE NITROGENO E INHIBICION DE NITRIFICACION¹ *

MARIA ELLA SANTANA BENDIX**
MANLIO SILVESTRE FERNANDES***
ROBERTO O. PEREYRA ROSSIELLO***

Summary

A greenhouse experiment was made to study the effects of NH₄ or NO₃ (single vs. split, 3x) application on growth and nitrogen (N) assimilation of Paspalum notatum Flugge. Light and temperature conditions over the experimental period (20 days) had a more pronounced effect on seasonal patterns of dry matter accumulation than either N-carrier or application procedures.

Nitrate-reductase activity was higher for plants that received NO₃ in split applications, and lower for plants under NH₄ in a single application. Amides were not detected in the soluble-N pool. NO₃ accumulated most in the roots of Paspalum, while the rhizomes showed higher accumulation of amino-N. The highest free-N levels (NO₃-N + amino-N) were found in roots plus rhizomes: 73%, 70%, 76% and 57% of the total free-N, for NO₃ (single), NO₃ (split), NH₄ (single) and NH₄ (split) applications, respectively. Protein-N however, accumulated most (62%, 57%, 56% and 65% of total Protein-N respectively, for the 4 treatments) in leaves. A negative relationship was found between total free-N and total dry weight ($r = 0.984^$) and leaf-free-N and total dry weight ($r = 0.978^*$) of the plants. The data also indicate that the split application of N-SERVE (nitrification inhibitor) was more effective than the sole application.*

The highest free-N (NO₃-N + amino-N) in roots plus rhizomes suggests that these organs could act as buffer zones, by keeping excess NH₄ or NO₃ from reaching the shoots, thus avoiding disturbances in the N-metabolism in the leaves

Introducción

Las gramíneas del género *Paspalum* son clasificadas como C₄ (23), y ofrecen, por ese motivo, ventajas adaptativas en condiciones tropicales. Estas plantas muestran bajas tasas de fotorespiración,

gran capacidad fotosintética y de economía de uso de agua, produciendo, en consecuencia, una cantidad elevada de materia seca por unidad de agua transpirada (21).

Brown (4) constató que existe una relación casi lineal entre la fijación de CO₂ y el aumento de N en las plantas, tanto para las especies que poseen la vía C₃ como las de C₄. Sin embargo, ese autor mostró que la cantidad de CO₂ fijado por unidad de N usado en material foliar es mayor en las especies C₄. Concluyó que en las áreas donde el contenido de N en el suelo es bajo, la mayor eficiencia de uso de N por las especies C₄ podría ser particularmente ventajosa.

Observaciones sobre la respuesta de *Paspalum notatum* a la fertilización nitrogenada han sido realizadas por Blue (1, 2, 18) quien destacó el papel de

¹ Recibido para publicación el 10 de enero de 1981

* Contribución del Departamento de Suelos, Universidad Federal Rural de Río de Janeiro, 23460-Seropédica-Itaguaí, Río de Janeiro, Brasil.

** Lic. en Química, MS.

*** Respectivamente, Profesor Adjunto y Profesor Asistente, del Depto. de Suelos de la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro

rizomas y raíces en la absorción de N por esta especie. Tanto la masa de rizomas y raíces, como la concentración de N en los tejidos aumentó en respuesta a la fertilización nitrogenada (1). Raíces y rizomas ejercen un papel determinante en la absorción de N y fue propuesto (2) que un sistema de raíces y rizomas bien desenvuelto, podría ser capaz de absorber más eficientemente el N aplicado. El N absorbido sería almacenado en los rizomas, aumentando su recuperación conforme el sistema de raíces y rizomas se expande progresivamente. También observó Blue que las respuestas de *Paspalum* a diferentes fuentes de N fueron similares, en términos de la eficiencia media de recuperación del N aplicado (2).

Cuando se procura el aumento de la eficiencia en absorción del N aplicado, no sólo la capacidad genotípica de absorción debe ser considerada. Impithuksa y Blue (18) sugieren que las pérdidas por denitrificación influyen en los porcentajes de recuperación, por *Paspalum notatum*, del N aplicado en el suelo. Por otro lado, las pérdidas por lixiviación de nitratos, sea por incorporación directa de compuestos nítricos, o por nitrificación de compuestos amoniacales, se constituyen en componentes importantes, cuando se considera la recuperación de N por los cultivos. Datos de Eira *et al.* (7), para un suelo Typic Hapludult de Río de Janeiro, confirman esta afirmativa. Con el advenimiento de los inhibidores de nitrificación, las pérdidas de N por lixiviación pueden ser efectivamente atenuadas. Entre los compuestos propuestos para tal finalidad, el 2-cloro-6-triclorometil piridina, comercialmente conocido como N-SERVE, se ha mostrado como el más promisorio (5). Así, la utilización de N-SERVE junto con $N-NH_4^+$ aumentó los rendimientos y porcentajes de N en caña de azúcar (24) y el contenido de N en tejidos verdes de maíz (12, 13).

Adicionalmente, debe ser considerado que *Paspalum notatum* es una planta adaptada a suelos ácidos, tolerante a aluminio (15). Llevándose en consideración las observaciones anteriores, nos parece de interés estudiar el comportamiento de *Paspalum*, cuando el N del suelo se mantiene en la forma amoniacal (por aplicación conjunta de N-SERVE) o en la forma nítrica. También, el efecto del parcelamiento de ambas formas de N es considerado en este trabajo.

Material y métodos

Suelo y plantas

Se emplearon suelo y plantas provenientes de una misma área, localizada en la "Fazenda dos Estudantes", Campus de la U.F.R.R.J. El suelo del sitio es podzólico (Typic Hapludult), asociado con una pastura natural localmente conocida como "grama bata-

tais" (*Paspalum notatum* Flüggé). Se retiró suelo del horizonte superficial (0-15 cm, textura franco-arenosa), el cual fue desterronado, secado al aire, y pasado a través de un tamiz de 2 mm. Una muestra fue analizada (SNLCS-EMBRAPA), revelando los siguientes contenidos: Ca: 3.5 meg/100 cm³; Mg: 1.5 mg/100 cm³; K: 188 ppm; P: 20 ppm y pH: 5.9. Los datos analíticos evidencian el efecto residual de fertilizaciones anteriores en el sitio. El suelo fue también analizado para $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$, según el método de Bremner (3), presentando contenidos de 4.5 y 5.2 ppm, respectivamente.

Tres kilogramos de suelo fueron acondicionados en potes plásticos de 4 litros de capacidad, ajustándose el contenido hídrico a una tensión de aproximadamente 0.3 atmósferas.

Fueron retiradas placas de grama "batatais" de la misma área donde fuera retirado el suelo. Las plantas fueron lavadas con agua deionizada. Hojas y raíces fueron cortadas, separándose así los rizomas (de 5 cm de largo, aproximadamente) con las vainas foliares para el rebrote. De cinco a ocho rizomas, con un peso de 25 gramos de material total, fueron plantados en cada pote y veinte días después se iniciaron los tratamientos. El periodo experimental tuvo una duración de 20 días (26 de mayo a 15 de junio de 1978), en invernadero.

Procedimiento experimental

Una semana antes de la aplicación de los tratamientos, todos los potes recibieron 0.02 ppm de Mo. Dos días antes fueron aplicados 18 ppm del inhibidor de nitrificación Nitrapyrin (2 cloro-6 triclorometil-piridina), en la forma de N-SERVE* 24 (22.2% de ingrediente activo), en suspensión acuosa, en los potes de los tratamientos que llevaron $N-NH_4^+$.

Se adicionó en todos los potes la misma cantidad de nitrógeno: 90 ppm de N (270 mg N/pote), variando las fuentes y forma de distribución, de acuerdo con el siguiente esquema:

Tratamiento	Fuente de N	Aplicación
$N-NO_3^-$ 90 ppm x 1	K NO ₃	90 ppm en el día 1
$N-NO_3^-$ 30 ppm x 3	K NO ₃	30 ppm en los días 1, 8 y 15
$N-NH_4^+$ 90 ppm x 1	(NH ₄) ₂ SO ₄	90 ppm en el día 1.
$N-NH_4^+$ 30 ppm x 3	(NH ₄) ₂ SO ₄	30 ppm en los días 1, 8 y 15

* Mención de marca comercial no constituye endoso del producto por la Universidad Federal Rural de Río de Janeiro

Durante el experimento fueron medidos diariamente los niveles de luz y temperatura, en los horarios de 9:00 – 10:00; 12:00 – 13:00; y 16:00 – 17:00 horas. Para las medidas de radiación se utilizó un fotómetro Li-Cor, modelo Li-185, colocándose el sensor a la altura de la última hoja desenvuelta.

En el día anterior a la fecha marcada para cada cosecha de material vegetal, se cogió una muestra de hojas (dos gramos, aproximadamente), para la determinación de la actividad de la enzima Nitrato-Reductasa (ANR) y preparación del extracto alcohólico. Tratando de “minimizar” la interferencia directa de la luz en la obtención de ANR, esas muestras fueron tomadas entre las 16:00 y 17:00 horas, en el final del fotoperíodo (10). En el día de la cosecha, se retiraron cuidadosamente las plantas de los potes, las cuales fueron lavadas consecutivamente con agua corriente y deionizada, separadas en raíces, rizomas y hojas, y secadas con papel de filtro para la determinación de su peso fresco. De cada una de estas porciones vegetativas, se retiró un gramo para la determinación de las fracciones nitrogenadas. Para el muestreo de rizomas se escogió la parte más próxima de las vainas foliares. El material restante fue secado durante 48 horas en una estufa con circulación de aire, a 65°C, para la determinación del peso seco.

Determinaciones analíticas

Actividad de Nitrato Reductasa (ANR)

La ANR fue determinada “*in vivo*”, por el método de Jaworsky (19), con las modificaciones descritas por Rossiello *et al.* (25).

Nitrógeno soluble

Para la determinación de las fracciones solubles de N, se preparó un extracto alcohólico según Fernandes (8). Para las muestras foliares, se usó un gramo de peso fresco compuesto por los tercios medios de las hojas 2 y 3, considerándose la hoja bandera como la primera.

El contenido de aminoácidos libres fue determinado por el método de Yem y Cocking (26).

El contenido de nitratos fue determinado por el método de Cataldo *et al.* (6), con las modificaciones descritas a continuación. Una alícuota de 0.5 ml del extracto alcohólico fue incubada con 0.1 ml de H₂O₂ (100 volúmenes), durante tres horas a una temperatura de 45°C en una estufa. Posteriormente, se elevó

la temperatura para 70°C, hasta el secado del material. El residuo seco se disolvió en una gota de agua deionizada, se adicionó 0.2 ml de ácido salicílico en ácido sulfúrico concentrado (5%) y, después de veinte minutos, se desenvolvió el color con 5 ml de NaOH 4N. Las lecturas fueron hechas en un colorímetro Spectronic-20, a 410 nm.

Nitrógeno total

El N-total fue determinado en 50 mg del material seco, por el método de Kjeldahl, modificado para la inclusión de nitratos (22).

Estadística

Fue usado un diseño factorial con tres repeticiones. Las diferencias mínimas entre las medias observadas, fueron comparadas usándose la prueba “t” de Student, al nivel de $p = 0.05$.

Resultados y discusión

Producción de materia seca por la parte aérea

El período experimental quedó sujeto a condiciones variables de luz y temperatura. En la Figura 1 se muestran las variaciones medias diarias de intensidad luminosa (klux) y de temperatura (°C). Las Figuras 2A y 2B muestran la variación de peso seco de la parte aérea de *Paspalum notatum* producida bajo efectos de fertilización nitrogenada (90 ppm de N, aplicados

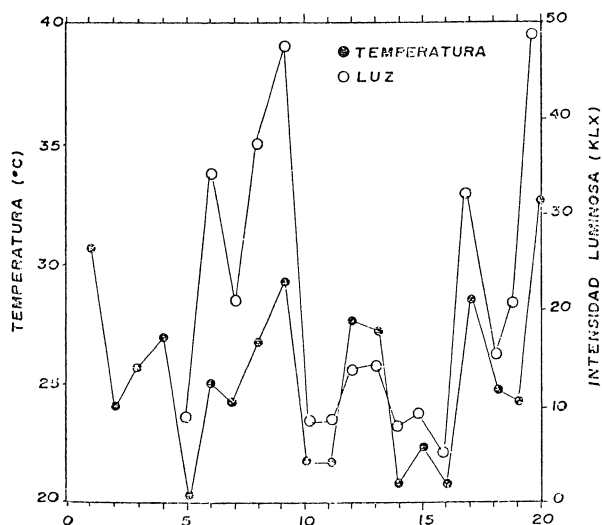


Fig. 1 Medias diarias de intensidad luminosa y temperatura, registradas en un invernadero (en el Campus de la UFRRJ), durante el período experimental considerado (26 de mayo a 15 de junio de 1978).

de una vez o por partes). En este experimento, independientemente de fuente y forma de aplicación de N, la acumulación de materia seca en la parte aérea de *Paspalum notatum* fue afectada principalmente por variaciones de luz y temperatura como muestran las curvas de variación de peso seco, las cuales presentan la misma tendencia para todos los tratamientos. En los tratamientos que recibieron todo el N (90 ppm) en una única aplicación, ocurre una caída significativa en peso seco entre el 1° y 5° día después de aplicados los tratamientos (Figura 2A). En este período (1-5 días), también ocurre una disminución en los registros medios de temperatura (Figura 1). En el período comprendido entre el 5° y 10° día experimental, ocurren aumentos en los registros de luz y temperatura, que corresponden a aumentos en la producción de materia seca para ambas fuentes y formas de aplicación de N (Figuras 1, 2A y 2B).

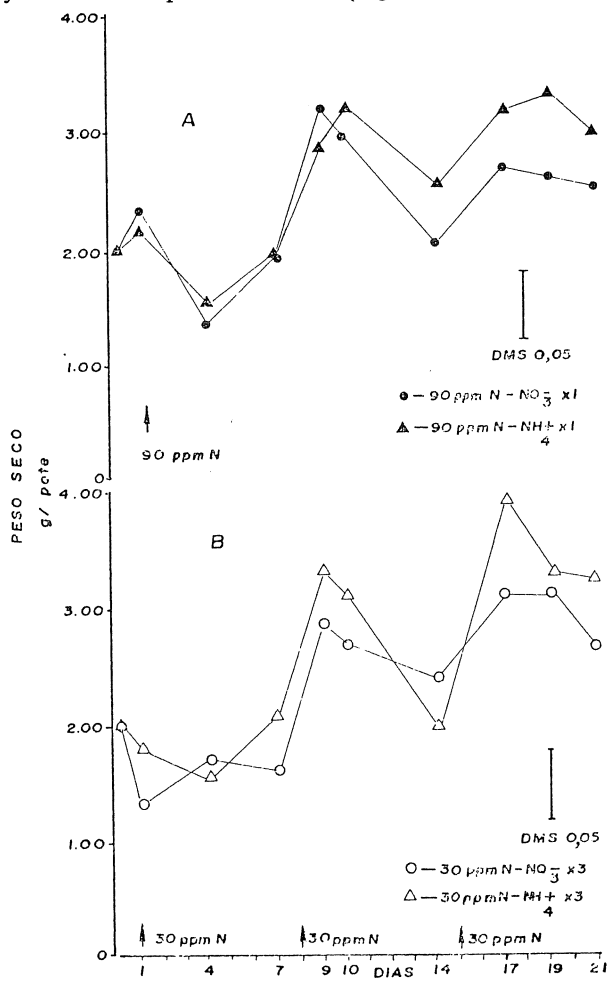


Fig. 2 Variación del peso seco de la parte aérea de *Paspalum notatum* Flügge en respuesta a la aplicación de fertilización nitrogenada. A: aplicación de 90 ppm de N, en dosis única, en la forma de N-NO₃⁻ o N-NH₄⁺. B: Aplicación de 90 ppm de N, en tres partes de 30 ppm cada una en la forma de N-NO₃⁻ o N-NH₄⁺. Las flechas indican los días de aplicación única o parcial.

Una tendencia semejante es observada para los períodos de 10 a 15 y 15 a 20 días después de aplicados los tratamientos, cuando ocurren respectivamente disminución y aumento de los niveles de luz y temperatura. La aplicación de N en dosis única (90 ppm), tuvo más efecto negativo sobre la acumulación de materia seca en los primeros 5 días que la aplicación por partes (30 x 3, Figuras 2A y 2B).

Las diferencias entre formas de N, sólo se vuelven aparentes en el final del período experimental (15 a 20 días), cuando las plantas que recibieron N-NH₄⁺ superan en peso a las que recibieron N-NO₃⁻. La aplicación de N, por partes, aparentemente afectó con mayor intensidad la acumulación de materia seca en las plantas que recibieron N-NH₄⁺. Esta tendencia es particularmente evidente en las oscilaciones de luz y temperatura que ocurren a partir del 7° día del período experimental.

Actividad de Nitrato Reductasa (ANR)

La ANR, medida en los mismos períodos en que las determinaciones de materia seca fueron hechas, y siempre al final del fotoperíodo, fue agrupada por tratamiento, obteniéndose la actividad media en el período experimental. Los resultados del Cuadro 1 muestran que la aplicación del N-NO₃⁻, por partes, resultó en un mayor índice de actividad media en el período estudiado, mientras que la aplicación de N-NH₄⁺ en una única dosis resultó en la menor ANR en términos absolutos. Estos resultados están de acuerdo con las observaciones de Heimer y Filner (17) de que es necesario un aporte continuo de NO₃⁻ a las células para el sostenimiento de la ANR, y con los resultados de Losada *et al.* (20), que mues-

Cuadro 1. Valores medios de Actividad de Nitrato Reductasa (ANR) en láminas foliares de *Paspalum notatum* Flügge.

Tratamientos		Actividad de Nitrato Reductasa (ANR)
		μmoles de NO ₃ ⁻ /g de peso fresco/hora
0 ppm N		1.42
90 ppm N-NO ₃ ⁻ único		1.35
90 ppm N-NO ₃ ⁻ por partes		1.69
90 ppm N-NH ₄ ⁺ único		1.11
90 ppm N-NH ₄ ⁺ por partes		1.42
DMS	(0.05)	0.24

tran una reducción de la ANR *in vitro* por NH_4 . Por otro lado, la ANR del tratamiento en que el N-NH_4 fue aplicado por partes, confirma los resultados de Fernandes *et al.* (11) con *Brachiaria* sp.

Peso seco final

El Cuadro 2 muestra el peso final (cosecha final del período experimental) de la parte aérea, rizomas y raíces para los 4 tratamientos. Las plantas que recibieron N-NH_4 , muestran una tendencia de mayor acumulación de materia seca total cuando son comparadas con las plantas que recibieron N-NO_3 . Sin embargo, apenas las diferencias entre N-NH_4 y N-NO_3 en una única aplicación, tienen significación estadística.

Comparando los resultados de acumulación de materia seca total (Cuadro 2) con las Figuras 2A y 2B,

donde aparecen solamente las variaciones de materia seca de la parte aérea, se observa que la tendencia de mayor acumulación de materia seca total por las plantas que recibieron N-NH_4 , (Cuadro 2) refleja las tendencias de variación diaria observadas en esos tratamientos (Figuras 2A y 2B).

En el caso de la aplicación de N-NH_4 por partes, las caídas más acentuadas de peso de las plantas son aparentemente compensadas por el rápido aumento de peso, cuando las condiciones ambientales se tornan favorables (Figura 2B). Los datos obtenidos en este experimento no permiten, sin embargo, avalar si el rizoma y las raíces tuvieron un comportamiento idéntico. Es interesante notar que las diferencias en ANR no se reflejan en el peso seco total, lo que es de esperar, en vista de que la mayor parte del N de las plantas que recibieron N-NH_4 debe haber sido absorbido en esa forma.

Cuadro 2. Influencia de la fertilización nitrogenada en la producción de materia seca y la absorción de N, en *Paspalum notatum* Flüggé.

Parte de la planta	N-NO_3^- (90 ppm)		N-NH_4^+ (90 ppm)		DMS (0.05)
	aplicación		aplicación		
	única	por partes	única	por partes	
	materia seca (g/pote)				
Raíces	1.45	1.46	1.51	1.44	ns
Rizomas	2.25	2.49	2.81	2.53	ns
Hojas	2.55	2.69	3.04	3.09	ns
Total	6.25	6.64	7.36	7.06	1.09
	N-total (mg/pote)				
Raíces	15.21	16.79	18.43	16.87	ns
Rizomas	17.96	18.82	26.24	22.28	ns
Hojas	57.59	60.76	69.94	81.04	23.10
Total	90.76	96.37	114.61	120.61	21.29
	N-soluble (mg/pote)				
Raíces	5.10	4.25	3.89	1.88	1.74
Rizomas	5.43	4.98	8.53	3.87	3.58
Hojas	7.74	7.52	7.07	8.45	ns
Total	18.27	16.75	19.49	14.20	—

Nitrógeno total

Las plantas que recibieron N-NH₄ en aplicaciones parciales, acumularon niveles más elevados de N (mg/pote). Esa diferencia es de significación estadística con relación a las plantas que recibieron N-NO₃ en las dos formas de aplicación, y no significativa con relación al N-NH₄ aplicado por partes (Cuadro 2). El Cuadro 2 muestra también que esa diferencia es debida, esencialmente, a la acumulación (significativamente mayor) de N en las hojas de las plantas que recibieron N-NH₄ en aplicaciones por partes.

Nitrógeno soluble

Los análisis químicos para la determinación de NH₃ y amidas, por destilación de vapor (3), y los ensayos semicuantitativos para glutamina y asparagina, por cromatografía de papel y capa fina, resultaron en cantidades inferiores a los límites de detección, confirmando los resultados de Hegarty y Petterson (16), que muestran que el *Paspalum notatum* es una planta que posee bajos niveles de amidas.

De esta forma, se puede expresar el N-soluble como la suma de N de aminoácidos libres y N de nitratos.

La acumulación de nitrógeno soluble (N-amino + N-NO₃) en las raíces de las plantas que recibieron N-NH₄ en aplicaciones por partes fue significativamente inferior a la que ocurre en todos los otros tratamientos (Cuadro 2). Para este mismo tratamiento, el contenido de N-soluble en los rizomas resulta inferior al del tratamiento que recibió N-NH₄ en dosis única, pero no difiere significativamente con respecto a las plantas que recibieron N-NO₃. Al contrario de lo que ocurre con los contenidos de N-total, las variaciones en N-soluble son mayores en raíces y rizomas, y no son significativas en las hojas (Cuadro 2).

Aunque existen diferencias significativas entre los contenidos acumulados en los rizomas y en las hojas entre tratamientos, la mayor acumulación de amino-N libre ocurre en rizomas de las plantas que recibieron N-NH₄ en una única aplicación (Cuadro 3). De forma general, las raíces de todos los tratamientos presentan los menores contenidos de amino-N libre

Cuadro 3. Influencia de la fertilización nitrogenada en la concentración de varias fracciones nitrogenadas de *Paspalum notatum* Flüggé.

Parte de la planta	N-NO ₃ ⁻ (90 ppm)		N-NH ₄ ⁺ (90 ppm)		DMS (0.05)
	aplicación		aplicación		
	única	por partes	única	por partes	
	N-amino libre μmoles N/g peso fresco				
Raíces	8.3	7.6	13.4	8.9	ns
Rizomas	17.7	8.3	30.1	16.1	13.1
Hojas	20.6	16.6	14.9	20.2	3.6
	N-NO ₃ ⁻ μmoles N/g peso fresco				
Raíces	38.5	37.4	27.6	6.5	16.1
Rizomas	30.9	30.7	30.6	14.7	ns
Hojas	15.4	19.2	17.5	14.3	ns
	N-soluble, como % del N-total				
Raíces	33.53	25.31	21.11	11.4	
Rizomas	30.23	26.46	32.51	17.37	
Hojas	13.44	12.38	10.11	10.43	
Total	20.13	17.38	14.00	11.81	

(Cuadro 3). Al contrario de lo que ocurre con los contenidos de amino-N libre, las raíces de *Paspalum* acumularon contenidos elevados de N-NO_3 , particularmente en las plantas que recibieron N bajo esa forma (Cuadro 3). La gran acumulación de N-NO_3 con un inhibidor de nitrificación, indica que la inhibición no fue total durante todo el período estudiado. En efecto, las plantas que recibieron N-NH_4 en una única aplicación, aumentaron grandemente la acumulación de NO_3 en la última semana del experimento, lo que fue acompañado por un aumento del pH de la rizósfera (Bendix *et al.*, en preparación). Esto indica claramente que el N-SERVE, aplicado junto con N-NH_4 en una única dosis en el comienzo del experimento, aparentemente redujo su eficiencia después de 15 días, en tanto que, en las aplicaciones parciales, la inhibición fue aparentemente más eficiente.

Los resultados del Cuadro 3 indican, que sobre un amplio espectro de condiciones ambientales (niveles y formas de N, luz y temperatura), *Paspalum* tiende a acumular N-soluble en las raíces y rizomas (73%, 70%, 76% y 57%, respectivamente, en los 4 tratamientos, calculados como la suma de N-amino + N-NO_3 de raíces y rizomas, sobre el N-soluble total, que incluye el N-soluble de las hojas). Alternativamente, el N ligado a proteínas (datos no presentados), acumula preferencialmente en las hojas (62%, 57%, 56% y 65% del total, respectivamente).

El Cuadro 3 muestra también los contenidos de N-soluble como porcentaje del N-total. De nuevo, es aparente un mayor porcentaje de N-soluble en raíces y rizomas de las plantas estudiadas. Por otro lado, ocurre una caída continua entre los tratamientos (NO_3 , aplicación única y por partes; NH_4 , aplicación única y por partes), en los contenidos de N-soluble como porcentaje del N-total de la planta entera (raíces + rizomas + hojas). Cuando son comparados los valores de peso seco total con los de N-soluble total, se obtiene entre ellos una correlación negativa ($r = -0.984^*$). Correlación semejante es obtenida también entre el peso seco total y el N-soluble de las hojas ($r = -0.978^*$). Estos resultados confirman las observaciones de Fernandes (9) y Fernandes *et al.* (14) con arroz y maíz; de Fernandes y Freire (10) con la grama *Brachiaria*; y de Rossiello *et al.* (25) con maíz, que demuestran que condiciones ambientales desfavorables al metabolismo de las plantas, y principalmente a la síntesis de proteínas (tales como niveles de luz, temperatura, agua en el suelo o nutrición nitrogenada), resultan en mayor acumulación de N-soluble en los tejidos.

Los resultados de este experimento no coinciden con las observaciones de Blue (1, 2) sobre el papel

de raíces y rizomas en el almacenamiento de N por *Paspalum*. Apenas cuando N-NH_4 (90 ppm) fue usado en una única aplicación, un porcentaje ligeramente mayor del N-total de la planta, se acumuló en raíces y rizomas (39%), mientras que en los otros tratamientos, rizomas + raíces acumularon en promedio 35% del total de N en la planta, no resultando esas diferencias de significación (Cuadro 2). Por otro lado, la relación rizoma + raíz/parte aérea, tampoco indica un mayor crecimiento de los órganos subterráneos en respuesta a la aplicación de diferentes formas de nitrógeno (1.45; 1.47; 1.42 y 1.28, respectivamente, con base en el peso seco). Mientras tanto, se torna necesario destacar que el período experimental (entre la aplicación de N y la cosecha) fue muy corto (20 días) en este experimento. Sin embargo, nos parece significativo el hecho de que la mayor parte del N-soluble total ($\text{N-amino} + \text{N-NO}_3$) se encuentra acumulado en raíces y rizomas. Ello sugiere que estos órganos pueden ejercer un efecto "buffer", evitando que los disturbios en la absorción de N, afecten excesivamente el desenvolvimiento de la parte aérea. Esto parece estar confirmado por el hecho de que el N-soluble (como % del N-total) se correlaciona negativamente con el peso seco de las hojas, pero tal cosa no ocurre cuando la mencionada acumulación se lleva a cabo en las raíces o rizomas (Cuadro 3).

Resumen

Fue realizado un experimento, en condiciones de invernadero, para estudiar los efectos de la aplicación de NH_4^+ y NO_3^- (única o parcelada en tres veces), sobre la acumulación de materia seca y la asimilación de N en la grama batatais (*Paspalum notatum* Flüggé).

La acumulación de materia seca por *Paspalum* varió ampliamente, en función de las condiciones ambientales de luz y temperatura, independientemente de formas y modo de aplicación de N. La actividad media de la Nitrato Reductasa fue más elevada en las plantas que recibieron NO_3^- en aplicación por partes, y menor en las plantas que recibieron NH_4^+ en una única aplicación.

No fue detectada la presencia de amidas en el "pool" de N-soluble de las plantas estudiadas. Fue observada una mayor acumulación de NO_3 en las raíces de *Paspalum*, en tanto que en los rizomas se observó mayor acumulación de N-amino. En las raíces, la acumulación de N-amino fue pequeña. La mayor acumulación de N-soluble ($\text{N-NO}_3 + \text{N-amino}$) ocurre en el sistema raíces + rizomas (73%, 70%, 76%

y 57% del total, para NO_3 en aplicación única o por partes; y NH_4 en aplicación única y por partes, respectivamente). Por otro lado, se observó una mayor acumulación de N-proteico en las hojas (62%, 57%; 56% y 65% del total, respectivamente, para los cuatro tratamientos). Los valores finales de peso seco total (raíces + rizomas + parte aérea), correlacionaron negativamente con los contenidos de N-soluble total ($r = -0.984^*$) y de N-soluble foliar ($r = -0.978^*$). Los datos también indican que la aplicación del inhibidor de nitrificación N-SERVE, por partes, fue más efectiva que la aplicación única, en términos de prevención de la nitrificación del NH_4^+ aplicado.

La acumulación preferencial de N-soluble (N- NO_3 + N-amino) en las raíces y rizomas de la grama batatais, sugiere un papel de "buffer" para estos órganos, en términos de nutrición nitrogenada, evitando que disturbios, durante la absorción de N, provoquen disrupciones en el metabolismo de N en la parte aérea.

Literatura citada

1. BLUE, W. G. Nitrogen fertilization in relation to seasonal Pensacola Bahiagrass forage nitrogen and production distribution on Leon fine sand. Soil and Crop Science Florida Proceeding, 31:75-77. 1971.
2. BLUE, W. G. Role of Pensacola Bahiagrass stolon-root systems in fertilizer nitrogen utilization on Leon fine sand. Agronomy Journal, 65:88-91. 1973.
3. BREMNER, J. M. Inorganic forms of nitrogen. In: Methods of soil analysis. Vol. 2. C. A. Black (Ed.). American Society Agronomy No. 9. Madison, Wisconsin. 1965.
4. BROWN, R. H. A difference in N use efficiency in C_3 and C_4 plants and its implications in adaptation and evolution. Crop Science, 18:93-98. 1978.
5. BUNDY, L. G. y BREMNER, J. M. Inhibition of nitrification in soils. Soil Science Society American Proceeding, 37:396-398. 1973.
6. CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHARADER, L. E. y YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Science Plant Anal., 6:71-80. 1975.
7. EIRA, P. A.; ALMEIDA, D. L. y ALVAHYDO, R. Movimento do ion nitrato, em solos da série Itaguaí, nas condições naturais de campo. Pesquisas Agropecuárias Brasileiras, 3:267-273. 1968.
8. FERNANDES, M. S. Effects of light and temperature on the nitrogen metabolism of tropical rice. Ph. D. Thesis, Michigan State University, 1974.
9. FERNANDES, M. S. Interação entre N-amoniaco e energia ambiental na nutrição nitrogenada do arroz. Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Campinas, São Paulo, pp. 229-233. 1976.
10. FERNANDES, M. S. y FREIRE, L. R. Efeitos de nitrogênio nítrico aplicado no solo, na atividade da nitrato-redutase e na acumulação de N-solúvel em *Brachiaria* sp. Turrialba, 26: 268-273. 1976.
11. FERNANDES, M. S.; FERREIRA, M. B. y FREIRE, L. R. Efeitos da interação de N-NO_3^- e N-NH_4^+ na atividade da nitrato redutase e acumulação de N-proteico em *Brachiaria* sp. Turrialba, 28:187-191. 1978.
12. FERNANDES, M. S. y ROSSIELLO, R. O. P. Effects of NH_4^+ and a nitrification inhibitor on soil pH and phosphorus uptake by corn (*Zea mays* L.) Cereal Research Comm., 6:183-191. 1978.
13. FERNANDES, M. S. y ROSSIELLO, R. O. P. Uso de NH_4 e de um inhibidor de nitrificação na adubação nitrogenada do milho (*Zea mays* L.). Revista Brasileira Ciência Solo, 3:77-81. 1979.
14. FERNANDES, M. S.; ARRELLAGA, L. E. y SANTOS, G. A. Fontes de nitrogênio, absorção e distribuição de fósforo em milho. Pesquisas Agropecuárias Brasileiras, 15:79-84. 1980.
15. FOY, C. D.; CHANEY, R. L. y WHITE, N. C. The physiology of metal toxicity in plants. Annual Review Plant. Physiology, 29:511-566. 1978.
16. HEGARTY, M. P. y PETERSON, P. J. Free aminoacids, bound aminoacids, amines and ureides. In: Chemistry and biochemistry of herbage. G. W. Butler and R. W. Bayley (Eds.), Vol. 1. Academic Press, 639 p. 1973.

17. HEIMER, Y. M. y FILNER, P. Regulation of the nitrate assimilation pathway in cultured tobacco cells. III. The nitrate uptake system. *Biochemistry Biophysical Acta.*, 230:362-372. 1971.
18. IMPITHUKSA, V. y BLUE, W. G. The fate of fertilizer nitrogen applied to Pensacola Bahiagrass on sandy soils as indicated by nitrogen 15. *Soil and Crop Science Florida Proceeding*, 37:213-217. 1977.
19. JAWORSKY, E. C. Nitrate reductase assay in intact plant tissues. *Biochemical Biophysical Research Comm.*, 43:1274-1279. 1971.
20. LOSADA, M.; PANEQUE, A.; APARICIO, P. J.; VEGA, J. M.; CARDENAS, J. y HERRERA, J. Inactivation and repression by ammonium of the nitrate reducing system in chlorella. *Biochemical Biophysical Research Comm.*, 38:1009-1015. 1970.
21. LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L. y HESLEHURET, M. R. Studies on the productivity of tropical pasture plants. Effect of shading on growth, photosynthesis and respiration in two grasses and two legumes. *Australian Journal Agricultural Research*, 25:425-433. 1974.
22. NELSON, D. W. y SOMMERS, L. E. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65:109-112. 1973.
23. OLIVEIRA, B. A. D. de; FARIA, P. R. de S.; SOUTO, S. M.; CARNEIRO, A. M.; DÖBEREINER, J. y ARONOVICH, S. Identificação de gramíneas C₄ pela anatomia foliar. *Pesquisas Agropecuárias Brasileiras*, 8:267-271. 1973.
24. PRESAD, M. Nitrogen nutrition and yield of sugarcane as affected by N-SERVE. *Agronomy Journal*, 68:343-346. 1976.
25. ROSSIELLO, R. O. P.; MAZUR, N. y FERNANDES, M. S. Efeitos da dessecação progressiva do solo sobre o metabolismo de nitrogênio em três variedades de milho. In: *Resumos do XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, p. 27, Manaus, 1979.
26. YEM, E. M. y COCKING, E. C. The determination of aminoacids with ninhydrin. *Analyst*, 80:209-213.

Viene de la página 18

Unidades básicas del SI*

Especie	Unidad	Símbolo	Especie	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m			
Masa	kilogramo	kg	Temperatura	kelvin	K
Tiempo	segundo	s	Intensidad luminosa	candela	cd
Corriente eléctrica	ampere	A	Cantidad de sustancia	mole	mol

Unidades suplementarias

Angulo plano	radián	rad	Angulo sólido	steradián	sr
--------------	--------	-----	---------------	-----------	----

Unidades derivadas que tienen nombres y símbolos aprobados por el SI:

Especie	Unidad	Símbolo	Fórmula	Especie	Unidad	Símbolo	Fórmula
Frecuencia	hertz	Hz	1/s	Conductancia eléctrica	siemens	S	A/V
Fuerza	newton	N	Kg.m/s ²	Flujo magnético	weber	Wb	V.s
Presión	pascal	Pa	N/m ²	Densidad de flujo	tesla	T	Wb/m ²
Trabajo	joule	J	N.m	Inductancia	henri	H	Wb/A
Potencia	watt	W	J/s	Flujo luminoso	lumen	lm	cd/sr
Cantidad electricidad	coulomb	C	A.s	Iluminación	lux	lx	lm/m ²
Potencial eléctrico	volt	V	W/A	Radiactividad	bequerel	Bq	1/s
Capacidad eléctrica	farad	F	C/V	Dosis absorbida	gray	Gy	J/kg
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	V/A				

Definiciones de las unidades básicas del SI*

El metro. Es la longitud equivalente a 1 650 763.73 longitudes de onda en el vacío de la radiación electromagnética emitida por el átomo de criptón 86, correspondiente a la transición entre $2p_{10}$ y $5d_5$ (su símbolo es m).

El kilogramo. Corresponde a la masa del kilogramo prototipo adoptado internacionalmente (su símbolo es kg).

El segundo. Es la duración de 9 192 631 770 periodos de la radiación electromagnética correspondiente a la transición entre dos niveles hiperfinos del estado base en el átomo de cesio 133 (su símbolo es s).

El ampere. Es la corriente eléctrica constante en dos conductores paralelos de longitud infinita y de sección transversal insignificante que, colocados a un metro de distancia entre sí en el vacío, se atraen con fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud (su símbolo es A).