

NITRATOS EN SEUDOTALLOS DE TRIGO COMO INDICADOR DE LA DISPONIBILIDAD DE NITROGENO

A VIGLEZZI, H E ECHEVERRIA, G A STUDDERT

Unidad integrada Balcarce CC 276 - 7620 Balcarce - Argentina

WHEAT STEM NITRATE CONCENTRATION AS NITROGEN AVAILABILITY INDICATOR

Nitrate nitrogen ($N-NO_3^-$) concentration in plant tissue, is a promising alternative to detect nitrogen deficiencies for crops since it integrates the effect of soil, weather and management factors on nutrient availability. The relationship between wheat stem $N-NO_3^-$ and crop performance is not completely clear. The objective of this study was to relate wheat (*Triticum aestivum* L.) stem $N-NO_3^-$ concentration at tillering to crop yield and nitrogen absorption under variable nitrogen availabilities due to different management practices. Wheat plant samples were taken from different tillage, fertilization and crop rotation field experiments at Balcarce, Argentina. Stem $N-NO_3^-$ concentration at tillering, and total nitrogen uptake, and grain and aboveground dry matter yield at crop physiological maturity, were measured. The linear-plateau model satisfactorily explained the relationship between relative grain yield (RR), relative dry matter yield (MSTR), and relative total nitrogen uptake (NTAR) ($r^2= 0.58, 0.52$ y 0.52 , respectively), and stem $N-NO_3^-$ concentration. These relationships allowed the determination of $N-NO_3^-$ concentration thresholds to get 94-95% RR, MSTR, and NTAR (1.25, 1.28, and 1.38 $g N-NO_3^- kg^{-1}$, respectively). Wheat stem $N-NO_3^-$ concentration at tillering was a good indicator of soil ability to provide nitrogen to the crop during its growing season.

Key words: Wheat - Nitrogen - Stem nitrate

INTRODUCCION

Dada la complejidad que tiene la dinámica del nitrógeno en el sistema suelo-planta, resulta conveniente implementar metodologías de diagnóstico rápidas, sencillas y confiables. Análisis para estimar la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo de trigo, como el contenido de $N-NO_3^-$ en el suelo, son utilizados para el sudeste de Buenos Aires (Gonzalez Montaner *et al.* 1991). No obstante, este tipo de análisis debe ser usado con bastante precaución debido a las fluctuaciones que, para un mismo suelo, producen tanto las lluvias, como los efectos del cultivo antecesor y de las labranzas. Los análisis de planta podrían hacer una mayor contribución al diagnóstico de las necesidades de nitrógeno con respecto a otros métodos, porque poseen la gran ventaja de integrar los efectos de factores meteorológicos y de suelo, sobre la nutrición del cultivo (Papastylianou, Puckridge 1981). La concentración de $N-NO_3^-$ en tejidos de plantas, ha sido utilizada para indicar el estado de nutrición nitrogenada de numerosas especies vegetales. Gardner y Jackson (1976) evaluaron el efecto de diferentes cultivos antecesores y fertilidad actual sobre el cultivo de trigo mediante la utilización de la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos. También examinaron la relación entre dicha concentración en la estación temprana y el rendimiento en grano, determinando que la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos unas pocas semanas después de la siembra, podría indicar la nece-

sidad de aplicación diferida de nitrógeno. Echeverría *et al.* (1992) utilizaron esta metodología para trigos sembrados sobre Argiudoles típicos y encontraron niveles de $N-NO_3^-$ sustancialmente menores que los reportados por la bibliografía. Determinaron, sin embargo, que su concentración les permitía diferenciar antecesores, asociándose mejor al rendimiento en grano ($r^2= 0.56$) que el nitrógeno mineral en el suelo a la siembra ($r^2= 0.20$). Todo lo anterior sugiere que la medición de la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos puede ser un buen indicador del contenido de nitrógeno en el cultivo, para predecir la necesidad de fertilizantes nitrogenados. Al respecto, un supuesto básico o implícito es que la composición química de la planta refleja en el tejido el suministro de nutrientes. Esto no siempre se cumple, debido a que la composición de una planta es el resultado de la interacción entre el suministro de nutrientes, el crecimiento de la misma y los factores que la condicionan.

Varios factores deben ser considerados para interpretar la variación en la concentración de $N-NO_3^-$ en la planta. Entre ellos, el momento de muestreo, la parte de la planta a analizar y el estadio fenológico (Westfall *et al.* 1990). El primero está condicionado por el ambiente, el cual incide sobre la actividad de la enzima nitrato reductasa y la captación de nitratos. Esto es de importancia debido a que, a lo largo del día, se registra una marcada reducción de $N-NO_3^-$ en la planta, como consecuencia de un aumento en la actividad de aquella (Falkouski 1978; Echeverría 1985). Para el segundo

factor, Echeverría (1985) encontró que es más recomendable el uso de seudotallos que de hojas. Esto es debido a que la disminución en la concentración de $N-NO_3^-$ a lo largo del día es porcentualmente más importante en éstas. Por último, el estadio fenológico es un factor importante para interpretar el análisis de planta. Los niveles de nitratos declinan a medida que el desarrollo del cultivo avanza hacia la madurez (Baker, Tucker 1970). Es por ello que el estadio de macollaje es el más utilizado debido a que es lo suficientemente temprano como para corregir deficiencias.

Experiencias realizadas en Balcarce, Argentina, han permitido confirmar el efecto de algunos de los mencionados factores (Echeverría 1985; Alberdi *et al.* 1989; Echeverría *et al.* 1992). Asimismo, se ha sugerido que esta metodología es particularmente apta para realizar evaluaciones de la disponibilidad de nitrógeno en los ensayos de rotaciones y labranzas (Echeverría 1985). La relación entre la concentración de nutrientes en los tejidos vegetales y los rendimientos es positiva hasta un valor de concentración (umbral), a partir del cual el rendimiento no sigue aumentando (Munson, Nelson 1990). Similares relaciones fueron reportadas para concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos de trigo (Dow, Roberts 1982; Papastylianou *et al.* 1982; 1984) y el rendimiento del cultivo. Según algunos autores (Ware *et al.* 1982) puede haber diferencias en el valor del umbral según el tipo de modelo de ajuste utilizado. Se hallaron umbrales superiores para aquellos situaciones en que se utilizó el modelo de Mitscherlich, con respecto a modelos lineales. Resultados similares fueron reportados por Binford *et al.* (1992) quienes manifestaron que el modelo de tipo lineal-meseta es más recomendado para las relaciones entre el RR y la concentración de $N-NO_3^-$. Esto es así porque refleja mejor el óptimo económico para la aplicación de fertilizantes, aunque no pueda describir correctamente el conjunto de puntos próximo a la unión de la recta con la meseta. Se plantea como hipótesis que la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos de trigo al final de macollaje es un buen estimador de la oferta de nitrógeno del suelo durante el ciclo del cultivo. El objetivo de este trabajo fue relacionar la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos de trigo con la producción de materia seca aérea, la acumulación de nitrógeno en la misma y el rendimiento en grano de ese cultivo, realizado bajo distintas situaciones de disponibilidad de nitrógeno generadas por sistemas de labranza, antecesores, rotaciones y fertilización.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo durante 1993 en el campo experimental y Laboratorio de Suelos del Área de Investigación en Agronomía de la Unidad Integrada Balcarce (EEA - INTA

Balcarce - FCA UNMdP), Argentina. La experiencia se efectuó sobre un Argiudol típico (fino, mixto, térmico). La precipitación normal anual para la zona es de 870 mm y la temperatura media anual 13,7 °C. Para el año en que se realizó la experiencia la distribución de las precipitaciones fue diferente a la mediana histórica. En los meses previos a la siembra las lluvias superaron los valores históricos en un 200%, mientras que desde la emergencia del cultivo hasta antes de se registró un marcado déficit de precipitaciones (50% menos) para luego normalizarse la situación hacia el final del ciclo. Los ensayos que se utilizaron para esta experiencia fueron los denominados: 1) rotaciones mixtas: este ensayo se lleva a cabo desde el año 1976. El diseño experimental es en bloques completamente aleatorizados, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas. Se tomaron muestras de las rotaciones T1 y T2, como parcelas principales y a dos dosis de nitrógeno (0 y 120 kg ha⁻¹) como subparcelas. T1 presentaba una historia agrícola de 7 años luego de una pastura corta (2 años), mientras que T2 presentaba 4 años de agricultura luego de una pastura larga (5 años). El antecesor inmediato del trigo en ambos tratamientos fue girasol (*Helianthus annuus* L.). Los laboreos fueron de tipo convencional. 2) secuencias de cultivos: este ensayo se desarrolla con el mismo diseño experimental que el anterior. Se muestrearon dos secuencias de cultivos (S1 y S2) en las parcelas principales y a dos dosis de nitrógeno (0 y 120 kg ha⁻¹) en las subparcelas. S1 presentaba una historia de agricultura continuada desde 1976 y S2, 5 años de agricultura luego de una pastura corta (2 años). El antecesor del trigo para ambos tratamientos fue papa (*Solanum tuberosum* L.) sin riego y las labores, iguales a las del ensayo de rotaciones. 3) labranzas: se realizaron tres ensayos sobre rastrojos de soja (*Glycine max* Merr.), girasol y maíz (*Zea mays* L.) con el mismo diseño experimental, con sistemas de labranza mínima (LM) y convencional (LC) en las parcelas principales y dosis de nitrógeno en las subparcelas (0, 50 y 120 kg ha⁻¹). 4) fertilización nitrogenada en trigo: el diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados con diferentes dosis de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹). El antecesor del trigo fue maíz y el sistema de labranza, convencional. La fertilización nitrogenada se hizo bajo la forma de urea y al voleo en el momento de la siembra. Se utilizó el cultivar Prointa Federal para los ensayos 1, 2 y 3 y el cultivar Prointa Oasis para el 4. En todos los ensayos se realizaron muestreos de suelo para determinar la cantidad de $N-NO_3^-$ acumulados hasta los 100cm.

Durante el cultivo se realizaron observaciones visuales periódicas del número de hojas, de macollos y la determinación bajo lupa del estadio de desarrollo en que se encontraba el ápice de crecimiento (Kirby, Appleyard 1984), para determinar el momento de muestreo. El muestreo de plantas se realizó a los 64 días después de la siembra al estado de espiguilla terminal (ET) (Kirby, Appleyard 1984) para todos los ensayos antes de las 10 hs, para evitar la reducción en el contenido de nitratos que se produce a lo largo del día. Se tomó una muestra de cada unidad experimental en todos los tratamientos. Cada una constaba de aproximadamente 20 submuestras de 5 plantas cada una, a las cuales se les seccionaron la raíz y las láminas de las hojas (Alberdi *et al.* 1989). Posteriormente las muestras fueron lavadas para eliminar el suelo que pudiese haber quedado adherido, secadas a estufa hasta peso constante y molidas hasta pasar por malla de 1 mm. La extracción se realizó en forma análoga a la reportada por Echeverría (1985). La cuantificación de $N-NO_3^-$, tanto para suelos como para plantas, se efectuó por colorimetría con ácido fenol disulfónico (Bremner 1965). Los resultados se expresaron como g $N-NO_3^-$ kg⁻¹ de suelo seco y materia seca, respectivamente. Se determinó la materia seca total (MST) acumulada en madurez fisiológica. La cosecha de todos los ensayos se efectuó en forma mecánica. De cada muestra de grano y materia seca se

tomó una alícuota que fue molida para determinación de contenido total de nitrógeno por el método de Kjeldhal (Nelson, Sommers 1973). El rendimiento en grano (RTO), la MST y el nitrógeno total absorbido (NTA) fueron expresados en kg ha^{-1} y como proporción del máximo (RR, MSTR y NTAR) de cada una de esas variables obtenido en cada uno de los ensayos. Se analizó la relación entre RR, MSTR y NTAR y la concentración de N-NO_3^- en seudotallos en ET mediante el ajuste no-lineal del modelo lineal-meseta, siendo $Y = a + bx$ para aquellos valores de concentración de N-NO_3^- que estuvieran por debajo del umbral determinado por la intersección entre la recta y la meseta, donde Y representa RR, MSTR o NTAR del cultivo (kg kg^{-1}); a es el valor de RR, MSTR o NTAR al origen (kg kg^{-1}); b es el coeficiente de regresión y x es la concentración de N-NO_3^- en seudotallos en ET (g kg^{-1}). Para todos los valores que estuvieran por encima de dicho umbral, $Y = \text{meseta}$. Se efectuaron análisis de varianza, comparación de medias por el método de diferencia mínima significativa, y ajustes no lineales por el método de los mínimos cuadrados (Steel, Torrie 1980). Los valores umbral de concentración de N-NO_3^- y los de las mesetas surgieron como parámetros estimados por la metodología de ajuste no-lineal.

RESULTADOS Y DISCUSION

No se detectó interacción significativa ($P < 0,05$) en concentración de N-NO_3^- entre rotación (ensayos 1 y 2) ó sistema de labranza (ensayos 3) y la dosis de nitrógeno agregada. Sólo hubo diferencias significativas ($P < 0,10$) por el sistema de labranza para los antecesores soja y girasol, encontrándose un aumento de la concentración de N-NO_3^- para la LC con respecto a la LM. Para el antecesor maíz no sucedió lo mismo, probablemente por una mayor inmovilización del nitrógeno (Echeverría *et al.* 1992). Tampoco hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) por la rotación para los ensayos 1 y 2. Se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) por el agregado de nitrógeno en concentración N-NO_3^- para todos los ensayos (Figura 1). El mayor contenido de N-NO_3^- de los ensayos 1 y 2 para las subparcelas fertilizadas, podría deberse a que dichos ensayos poseían una mayor dis-

ponibilidad inicial de nitrógeno, debido al efecto residual dejado por la alta fertilización de años previos, por la inclusión de pasturas dentro de la rotación y por el cultivo antecesor (Tabla 1).

Los valores de RTO, MST y NTA en función de la rotación o secuencia y la dosis de nitrógeno para los ensayos 1 y 2 se muestran en la Tabla 2. Sólo se detectó interacción significativa ($P < 0,05$) entre rotación y dosis de nitrógeno para la variable RTO del ensayo 2. Los mayores RTO para las parcelas S2 y T2 sin fertilizar podrían deberse a su historia agrícola más corta. El efecto producido por la rotación sólo fue significativo ($P < 0,05$) para MST de ambos ensayos y NTA del ensayo 2. El agregado de nitrógeno generó diferencias significativas ($P < 0,05$) para RTO, MST y NTA en el ensayo 1 y para NTA en el ensayo 2.

En la Tabla 3 se observa el RTO, MST y NTA en función de la dosis de nitrógeno y sistemas de labranza para los tres antecesores del ensayo 3. Se detectó

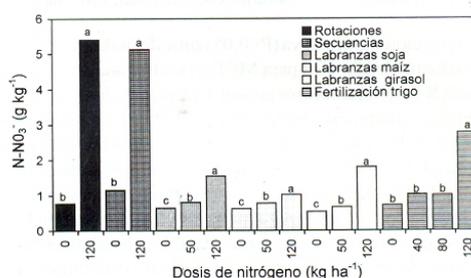


Figura 1. Concentración de N-NO_3^- en seudotallos de trigo en el estado de espiguilla terminal en función de las dosis de nitrógeno para todos los ensayos analizados. Letras diferentes indican diferencias significativas (Diferencia mínima significativa, $P < 0,05$).

Tabla 1. Contenido de N-NO_3^- en el suelo hasta los 100 cm de profundidad para los ensayos de rotaciones, secuencias y labranzas. Los tratamientos se corresponden con la descripción realizada en materiales y métodos.

Dosis de nitrógeno (kg ha^{-1})	N-NO_3^- (kg ha^{-1})									
	Rotaciones		Secuencias		Antecesor					
					Soja		Maíz		Girasol	
	Sistema de labranza									
	T1	T2	S1	S2	LC	LM	LC	LM	LC	LM
0	54	66	84	120	67	73	59	37	54	59
120*	110	91	231	188	-	-	-	-	-	-

* corresponde a la fertilización del año previo.

T1= 2 años pastura y 7 de agricultura, T2= 5 años pastura y 4 de agricultura, S1= agricultura continua 17 años, S2= 2 años pastura y 5 de agricultura, LC= labranza convencional, LM= labranza mínima

Tabla 2. Valores de rendimiento (RTO), materia seca total (MST) y nitrógeno total absorbido (NTA) para diferentes rotaciones (R) y dosis de nitrógeno (F) en los ensayos de rotaciones y secuencias. Los tratamientos se corresponden con la descripción realizada en materiales y métodos.

Dosis de nitrógeno (kg ha ⁻¹)	RTO (kg ha ⁻¹)				MST (kg ha ⁻¹)				NTA (kg ha ⁻¹)			
	Rotaciones		Secuencias		Rotaciones		Secuencias		Rotaciones		Secuencias	
	T1	T2	S1	S2	T1	T2	S1	S2	T1	T2	S1	S2
0	3366	3850	3204	4137	8847	8730	7758	9970	93	93	85	124
120	4308	4683	3416	3526	12275	11546	9997	10214	163	160	145	150
Promedio R	3837	4267			10561	10138	8878	10092	128	126	115	137
Promedio F	0	3608			8788		8864		93		104	
	120	4496			11910		10106		161		148	
DMS _{0,05} R*F	NS		732		NS		NS		NS		NS	
DMS _{0,05} R	NS		-		314		473		NS		8	
DMS _{0,05} F	350		-		1548		NS		10		31	

T1= 2 años pastura y 7 de agricultura, T2= 5 años pastura y 4 de agricultura, S1= agricultura continua 17 años, S2= 2 años pastura y 5 de agricultura, LC= labranza convencional, LM= labranza mínima

interacción significativa ($P < 0,05$) entre dosis de nitrógeno y sistema de labranza para MST en los tres antecesores y para NTA en el antecesor girasol. El agregado de nitrógeno produjo diferencias significativas ($P < 0,05$) para RTO y NTA en los antecesores soja y maíz y sólo para RTO en girasol. Los mayores rendimientos con el agregado de 0, 50 y 120 kg de N ha⁻¹ fueron para los antecesores soja y girasol y los menores para maíz. Esto concuerda con lo descrito por Echeverría *et al.* (1992), quienes determinaron que el antecesor maíz afecta la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo siguiente dada por la inmovilización provocada por la cantidad y calidad de su rastrojo. El sistema de labranza sólo generó diferencias significativas ($P < 0,05$) en NTA para maíz y en RTO para girasol. En el ensayo 4 el agregado de nitrógeno produjo diferencias significativas ($P < 0,05$) para las tres variables analizadas (Tabla 4).

En la Figura 2 se presenta la relación entre RR, MSTR y NTAR, y la concentración de N-NO₃ en seudotallos de trigo para la totalidad de las situaciones analizadas. Los valores umbral fueron 1,25; 1,22; 1,38 g kg⁻¹, con una meseta de 0,94 para RR, MSTR y 0,95 para NTAR, respectivamente. Diferentes experiencias fueron realizadas en Australia por Papastylianou *et al.* (1982) y Papastylianou y Puckridge (1983) en que fueron relacionados el rendimiento de trigo con la concentración de N-NO₃ en seudotallos, y donde se obtuvieron umbrales similares a los reportados en este trabajo para el mismo momento de muestreo. Papastylianou y Puckridge (1983) determinaron que con valores por debajo de 1,2 g kg⁻¹, el crecimiento de la planta se veía disminuido. Papastylianou *et al.* (1982)

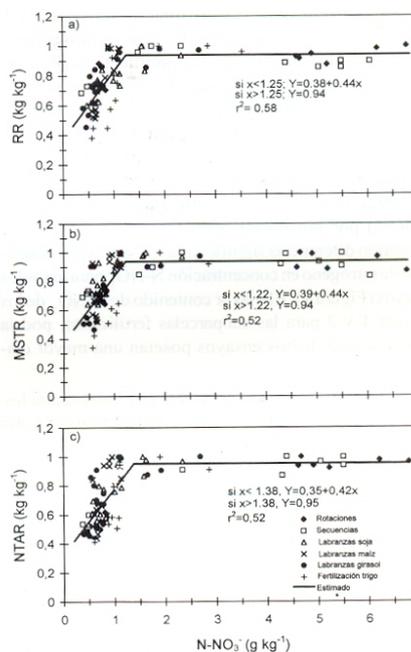


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo (RR) (a), la materia seca total acumulada relativa (MSTR) (b) y el nitrógeno total absorbido relativo (NTAR) (c), y el contenido de N-NO₃ en seudotallos de trigo en el estadio de espiguilla terminal, para todos los ensayos

Tabla 3: Rendimiento (RTO), materia seca total (MST) y nitrógeno total absorbido (NTA) de trigo ante diferentes antecesores en función del sistema de labranza (L) y dosis de nitrógeno (F).

Sistema de labranza	Dosis de nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Antecesor								
		Soja			Maíz			Girasol		
		RTO	MST	NTA	RTO	MST (kg ha ⁻¹)	NTA	RTO	MST	NTA
Convencional	0	2979	8649	82	2552	8523	80	3362	6258	54
	50	3882	11040	107	3646	12556	118	4341	8614	79
	120	4781	12032	129	4659	12826	135	5325	11448	106
Mínima	0	3153	7826	73	2668	7180	65	2793	6251	52
	50	3952	9732	99	2558	9620	88	4028	11258	96
	120	4736	11786	137	4754	12405	125	4885	11300	108
Promedio L	Convencional	3881		106	3619		111	4346		
	Mínima	3947		103	3660		93	3889		
	0	3066		78	2610		73	3077		
Promedio F	50	3917		103	3602		103	4184		
	120	4759		133	4707		130	5090		
	DMS _{0,05} L*F	NS	361	NS	NS	785	NS	NS	863	5,5
	DMS _{0,05} F	451	-	7,8	212	-	10,8	299	-	-
	DMS _{0,05} L	NS	-	NS	NS	-	6,3	264	-	-

Tabla 4: Valores de rendimiento (RTO), materia seca total (MST) y nitrógeno total absorbido (NTA) para diferentes dosis de nitrógeno en el ensayo de fertilización en trigo.

Dosis de nitrógeno (kg ha ⁻¹)	RTO (kg ha ⁻¹)	MST (kg ha ⁻¹)	NTA (kg ha ⁻¹)
0	2404	4574	41
40	3697	6618	53
80	4788	9023	73
120	5659	10013	93
DMS _{0,05}	768	3088	30

determinaron un umbral crítico de 1,0 g kg⁻¹ para la relación existente entre materia seca relativa y concentración de N-NO₃⁻ a fin de macollaje. Dicho umbral fue similar para diferentes condiciones hídricas (con alta y baja disponibilidad). En el ensayo 1, el contenido de N-NO₃⁻ se encontró por encima del umbral en los tratamientos fertilizados. Para los testigos dicha concentración estuvo por debajo del umbral obteniéndose mediante un promedio realizado entre las dos subparcelas sin fertilizar un RR y un MSTR de 70 y 75% respectivamente (Figuras 2a y 2b). Para NTAR dichos valores fueron del 60% en promedio (Figura 2c).

Para el ensayo 2 y para las tres variables estudiadas, las concentraciones de N-NO₃⁻ que superaron el umbral correspondieron a las subparcelas fertilizadas y a la subparcela

sin fertilizar del tratamiento que proviene de una rotación en la que se incluye pastura (S2), el que presentaba además, mayor cantidad de nitrógeno disponible a la siembra (Tabla 1) (Figuras 2a, 2b y 2c). Resultados con tendencias similares fueron obtenidos en Australia en ensayos donde se incluían pasturas con leguminosas dentro de la rotación (Papastylianou, Puckridge 1983).

Los ensayos 3 tuvieron un comportamiento similar a los otros dos, observándose para las tres variables (RR; MSTR y NTAR) valores entre 55% y 60% en promedio para los testigos y entre 70 y 75% en promedio para los fertilizados con 50 kg N ha⁻¹. En trigo sobre el antecesor maíz se evidenció el efecto de los residuos de este cultivo sobre la disponibilidad de nitrógeno dado que para las subparcelas fertilizadas con 120 kg de N ha⁻¹ la concentración de N-NO₃⁻ estuvo cercana y por debajo del umbral aunque los RR, MSTR y NTAR presentaron valores cercanos a la meseta. Para los otros dos antecesores, las concentraciones de N-NO₃⁻ de las subparcelas fertilizadas con la dosis más elevadas sobrepasaron el umbral (Figuras 2a, 2b y 2c).

En el ensayo 4, sólo las parcelas fertilizadas con 120 kg de N ha⁻¹ alcanzaron concentraciones de N-NO₃⁻ superiores al umbral. Las parcelas fertilizadas con 80 kg de N ha⁻¹ tuvieron concentraciones de N-NO₃⁻ cercanas a aquel valor y RR de 85%. Los RR del resto de las parcelas (0 y 40 kg N ha⁻¹) estuvieron alrededor del 35 y del 60%, respectivamente. Para las otras dos variables evaluadas se observaron resultados similares.

Si bien los resultados obtenidos surgen de una única campaña agrícola, los mismos provienen de una amplia gama de situaciones de manejo que incidieron en la disponibilidad de nitrógeno. Dichas variaciones en la disponibilidad fueron puestas de manifiesto a través de las diferentes variables en estudio (MST, RTO y NTA) y fueron reflejadas en la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos de trigo. Las relaciones halladas entre la expresión relativa de las variables de respuesta del cultivo (MSTR, RR y NTAR) y la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos demuestran que esta determinación es un buen estimador de la oferta de nitrógeno para el cultivo de trigo. Estos resultados aportan nuevas evidencias de la potencialidad de la concentración de $N-NO_3^-$ en seudotallos de trigo al macollaje para contribuir al diagnóstico de las necesidades de nitrógeno para ese cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los participantes del Proyecto INTA 81:015 (Área de Investigación en Agronomía, Unidad Integrada Balcarce) por la cesión de la información presentada en la Tabla 4. Este trabajo fue financiado por los Planes de Trabajo INTA Balcarce 08-82-0036 y 08-82-0040, el Proyecto INTA 80-033 y por la Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.M.P. (subsido para investigación N° 15/A027).

REFERENCIAS

- Alberdi H, Echeverría H, Navarro C. 1989. Algunos factores que condicionan la concentración de nitratos en seudotallos de trigo. *Ciencia del suelo*, 7: 31-35
- Baker J M, Tucker B B. 1971. Effect of rate of N and P on the accumulation of NO_3^-N in wheat, oats, rye and barley on different sampling dates. *Agron. J.* 63: 204-205
- Binford G D, Blackmer A M, Meese B G. 1992. Optimal concentration of nitrate in cornstalks at maturity. *Agron. J.* 84: 881-887
- Bremner J M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. En: C A Black (Ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy N° 9.* Am. Soc. Agron., Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA. pp. 1179-1237
- Dow A J, Roberts S. 1982. Proposal: critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agron. J.* 74:401-264
- Echeverría H E. 1985. Factores que alteran la concentración de nitratos en plantas de trigo. *Ciencia del Suelo* 3 :116-123
- Echeverría H E, Navarro C A, Andrade F H. 1992. Nitrogen nutrition of wheat following different crops. *J. Agric. Sci., Cambridge* 118: 157-163
- Falkouski P G. 1978. The regulation of nitrate assimilation in lower plant. En: D, Nielsen and J. McDonalds (eds.). *Nitrogen in the environment.* Academic Press, New York, USA. pp. 143-155
- Gardner B R, Jackson E B. 1976. Fertilization nutrient composition and yield relationship in irrigated spring wheats. *Agron. J.* 68: 75-78
- Gonzalez Montaner J H, Maddoni G A, Mailland N, Posborg M. 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo, a partir de un modelo de decisión para la subregión IV. *Ciencia del Suelo* 9:41-51
- Kirby E J M, Apleyard M. 1984 *Cereal developments guide.* 2nd. Ed. Plant Breeding Institute Arable Unit. p. 95
- Munson R D, Nelson W L. 1990. Principles and practices in plant analysis. En: R. L. Westerman (Ed). *Soil testing and plant analysis, 3rd ed.* - SSSA Book Series, no. 3. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. pp. 359-427
- Nelson D W, Sommers W L. 1973. Determinations of total nitrogen in plant material. *Agron. J.* 65: 109-112
- Papastylianou Y, Graham R D, Puckridge D W. 1982. The diagnosis of nitrogen deficiency in wheat by means of a critical nitrate concentration in steam bases. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 13: 473-485
- Papastylianou Y, Graham R D, Puckridge D W. 1984. Diagnosis of nitrogen status of wheat at tillering and prognosis for maximal grain yield. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 13: 473-485
- Papastylianou I, Puckridge D W. 1981. Nitrogen nutrition of cereals in short term rotation. II: Stem nitrate as an indication of nitrogen availability. *Aust. J. Agric. Res.* 32: 713-723
- Papastylianou I, Puckridge D W. 1983. Stem nitrate nitrogen and yield of wheat in a permanent rotation experiment. *Aust. J. Agric. Res.* 34: 599-606
- Steel R G, Torrie J H. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Second Edition. McGraw Hill, Inc., New York, New York, USA. pp. 633
- Tisdale S L, Nelson W L, Beaton J D, Havlin J L. 1993. *Soil fertility and fertilizers.* 5th ed., Macmillan Publishing Company. New York, New York, USA. pp. 634
- Ware G O, Ohki K, Moon L C. 1982. The Mitscherlich plant growth model for determining the critical nutrient deficiency levels. *Agron. J.* 74: 88-91
- Westfall D G, Whitney D A, Brandon D M. 1990. Plant analysis as an aid in fertilizing small grain. En: R. L. Westerman (Ed). *Soil testing and plant analysis, 3rd ed.* - SSSA Book Series, no. 3. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. pp. 495-519