

RESPUESTA DEL TRIGO A LAS APLICACIONES PARCIALES DE NITROGENO CULTIVADO DURANTE TRES AÑOS BAJO CONDICIONES SEMIARIDAS

G. C. Laurent y M. A. Lazzari

*Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo. LAHBIS.
Universidad Nacional del Sur. 8000 Bahía Blanca. Argentina.*

RESUMEN

Los bajos contenidos de humedad y nitrógeno disponibles del suelo son los factores limitantes más importantes en la producción de cereales de las regiones semiáridas, como la de Bahía Blanca, Argentina.

Se realizaron estudios de tres años de duración para conocer el efecto de aplicaciones parciales de N en diferentes estadíos de crecimiento del trigo (*Triticum aestivum* cv. Buck Pucará) y su beneficio residual, sobre la absorción de N y la producción de materia seca del cultivo en sus últimos estadios de desarrollo. El tratamiento Fertilizado consistió en la aplicación de sulfato de amonio a razón de 150 kg N ha⁻¹, aplicado en 3 dosis de 50 kg N ha⁻¹ cada una, en los estadíos de siembra, macollaje y hoja bandera visible. Se distinguieron tres subtratamientos. En cada uno de ellos, una aplicación de N fue marcada con ¹⁵N mientras que las otras dos recibieron fertilizante no marcado en ese momento. La experiencia fue conducida en pequeños lisímetros de campo y se realizaron cuatro muestreos de plantas en los estadíos de antesis, grano lechoso, pastoso y madurez.

La fertilización nitrogenada realizada en los ciclos 1983 y 1984 favoreció la producción de materia seca e incorporación de N en los cultivos de los años 1983, 1984 y 1985 (P < 0.05). Las curvas de acumulación de materia seca y de N a lo largo de antesis y madurez fueron diferentes año a año y estuvieron relacionadas a la aplicación de N y al año climático.

El N adicionado a la siembra se distribuyó uniformemente en la parte aérea de la planta, mientras que aquél adicionado tardíamente (hoja bandera justo visible) estuvo más disponible para la planta, absorbiéndose con un destino más directo hacia el grano.

El ciclo 1985 (sin aplicación de N) absorbió ¹⁵N residual, el que se mostró uniformemente distribuído entre tallos-hojas y espigas, desde antesis hasta madurez.

Palabras claves: trigo, ¹⁵N, N residual, materia seca, absorción de N.

SUMMARY

RESPONSE OF WHEAT TO SPLIT NITROGEN APPLICATIONS, GROWN FOR THREE YEARS UNDER SEMIARID CONDITIONS

The low soil moisture and nitrogen availability are the most important factors for small grain production in semiarid regions, such as the area of Bahía Blanca, Argentina.

Three years studies were conducted to asses the effect of N split applications in different growth stages of wheat (*Triticum aestivum* cv Buck Pucará) and its residual benefit,

on the uptake and dry matter production, during the later growth stages. The Fertilized treatment consisted on the application of ammonium sulfate at a rate of 150 kg N ha^{-1} , in splits of 50 kg N ha^{-1} each at seeding, tillering and flag leaf just visible stages. It distinguished three subtreatments. In each of them, one application of N was labelled with ^{15}N while the others received unlabelled fertilizer at the same time. The experiment was conducted in small lysimeters and four plant samplings were made at anthesis, milky and doughy development and maturity.

The N fertilization realized during 1983 and 1984 cycles, favoured the dry matter production and the N incorporation in the 1983, 1984 and 1985 wheat crops. The dry matter and N accumulated between anthesis and maturity were different year to year related to N application and annual climatic conditions.

The N added at seeding was uniformly distributed in the wheat top. The N added at flag leaf just visible stage was more available to plants, and was absorbed with a direct fate to grains.

The cycle 1985 (without N applications) uptook residual ^{15}N , which was uniformly distributed among stems-leaves and spikes, along anthesis and maturity stages.

Key words: wheat, ^{15}N , residual N, dry matter, N uptake.

INTRODUCCION

Una de las características de las regiones semiáridas es que tienen bajo contenido de materia orgánica y, en consecuencia, los niveles de nitrógeno resultan insuficientes para optimizar la producción de los cereales. Además la escasez y erraticidad de las lluvias son sus características distintivas. Por ello es necesario incorporar técnicas adecuadas de manejo (barbecho, rotación con leguminosas) o bien la aplicación de fertilizantes (N, P, K). El uso de fertilizantes en regiones semiáridas ha sido investigado en varios lugares del mundo (Campbell y Paul, 1978; Krentos y Orphanos, 1979; Greenwood *et al.*, 1970; Taylor *et al.*, 1978; Feigenbaum *et al.*, 1984). Pero existe una variedad climática entre zonas semiáridas de distintas partes del continente que se caracterizan por uno o más períodos de escasez de humedad disponible para los cultivos y los resultados obtenidos son muy variables. Además, la respuesta a la fertilización nitroge-

nada depende del suelo característico de la región y de su capacidad para retener agua de lluvia. Estudios conducidos por Fagioli (1976) en nuestra región semiárida pampeana han sugerido que la fertilización postergada puede controlar la eficiencia del uso del agua por parte del trigo. Rosell *et al.* (1987) establecieron que las aplicaciones diferidas de 60 kg N ha^{-1} fueron significativas ($P < 0.01$) sobre la absorción de N, pero no afectaron el contenido proteico del grano en la región semiárida que incluye al sitio de esta experiencia (SO de la Provincia de Buenos Aires).

Una forma posible de mejorar la utilización del N de fertilizantes es adicionarlo en aplicaciones parciales, dependiendo de las etapas de mayor requerimiento del cultivo. Rosell *et al.* (1985), observaron que la disponibilidad de N de urea aplicado al trigo fue mayor cuando el fertilizante fue adicionado tempranamente (30 kg N ha^{-1} a la siembra y al ma-

collaje, respectivamente) y al macollaje (60 kg N ha^{-1}).

Se realizaron estudios de tres años de duración (tres cosechas) para conocer el efecto de las aplicaciones parciales de nitrógeno en diferentes estadios de crecimiento del trigo (*Triticum aestivum* cv. Buck Puará) sobre la absorción de ese nutriente y el rendimiento del cultivo (1983 y 1984).

Durante el tercer año de la expe-

riencia (1985), se realizaron las mismas prácticas culturales que en años anteriores pero sin adición de fertilizante sulfato de amonio, con el objeto de evaluar su efecto residual sobre los parámetros antes mencionados.

La experiencia se llevó a cabo en ocho lisímetros de campo que, junto con el uso de fertilizante marcado con ^{15}N , permitieron la obtención de mayor información, la cual se difundirá en próximas publicaciones.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del sitio y del clima

La experiencia se llevó a cabo en ocho lisímetros de campo (0.36 m^2 de superficie y 0.60 m de profundidad), ubicados en el campo experimental Palihue del Departamento Agronomía de la UNS, en la ciudad de Bahía Blanca ($38^\circ 44'$ de latitud S y $62^\circ 11'$ de longitud O), Provincia de Buenos Aires, Argentina. El clima es templado, subhúmedo seco, con una temperatura media anual de 15.3° y una evapotranspiración potencial de acuerdo a Penman (Doorenbos y Pruitt, 1976) de 1500 mm . La distribución de la lluvia y sus totales anuales se presentan en la Tabla 1.

El suelo, extraído del área de Cabildo, próxima a Bahía Blanca, se ubica como Haplustol típico, familia franco fina mixta, térmica, fase somera. Presenta tosca cercana a partir de los $50\text{-}80 \text{ cm}$ de profundidad (caliche). Fue introducido, por horizontes ($0\text{-}20$, $20\text{-}40$, $40\text{-}55 \text{ cm}$ de profundidad) en los lisímetros, después de mezclar cada capa de suelo y extraer submuestras. Su análisis

mostró bajo tenor de fósforo (4 mg kg^{-1}), un pH de 7 en los dos horizontes superficiales y de 8,4 en el inferior, y un contenido de materia orgánica de 2,6%, 1,8% y 0,8% a $0\text{-}20$, $20\text{-}40$ y $40\text{-}55 \text{ cm}$ de profundidad, respectivamente. El contenido de nitrógeno, a esas mismas profundidades, mostró valores de 0,13%, 0,11%, y 0,07%, *respectivamente*.

Prácticas culturales

El trigo fue sembrado siempre en los mismos lisímetros en junio de los tres años, en 4 líneas espaciadas 15 cm , a una densidad final de siembra de 72 plantas por lisímetro (0.36 m^2). Se adicionó fósforo con la semilla a razón de $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. Los tratamientos Testigo (T_0 ; 2 lisímetros) y Fertilizado (F_1 , F_2 y F_3 ; 6 lisímetros, 2 por tratamiento) están detallados en la Tabla 2. Nótese que F_1 , F_2 y F_3 son tratamientos idénticos en lo que se refiere a la aplicación del fertilizante sulfato de amonio y al rendimiento del cultivo. La única diferencia está en los subtratamientos marcados que permiten obtener una comparación cuantitati-

TABLA 1

Lluvia durante el ciclo vegetativo del trigo y total anual, mm.

Estadío fenológico y período	Año		
	1983	1984	1985
Siembra - macollaje (20 junio - 7 sept.)	53.2	100.2	85.3
Macollaje - Hoja bandera (8 sept. - 15 oct.)	44.9	120.6	56.5
Hoja bandera - Antesis (16 oct. - 1 nov.)	56.5	22.9	95.5
Antesis - Grano lechoso (2 nov. - 17 nov.)	32.2	64.5	64.9
Grano lechoso - pastoso (18 nov. - 26 nov.)	60.3	13.0	5.6
Grano pastoso - madurez (27 nov. - 10 dic.)	7.4	19.3	27.5
Total	254.5	340.5	335.3
Total en el año	721.0	670.0	615.0

va del efecto de la época de aplicación del fertilizante sobre la absorción del N por el cultivo, sin ninguna interacción planta-tratamiento (Fried, 1980). El fertilizante se adicionó en solución sobre la superficie seca del suelo, en los mismos lisímetros en los años 1983 y 1984. Durante 1985 no se aplicó fertilizante nitrogenado.

Muestras de vegetal y su análisis

Se realizaron cuatro muestreos de plantas (tres plantas cada vez, al azar) en los siguientes estadíos fenológicos del trigo: antesis (código 64-65, Zadoks *et al.*, 1974); grano en estado lechoso (75-78); grano en estado pastoso (84-88) y madurez (99). Durante 1985, los muestreos

de plantas incluyeron las raíces adheridas.

A la madurez se extrajeron, además todas las plantas restantes. Las muestras se separaron en el conjunto tallos-hojas y en espigas, las que se secaron a 60° y pesaron. A su vez, se separaron los granos de las espigas maduras y se pesaron.

El N total fue determinado por duplicado con el método semimicro Kjeldhal (Bremner y Mulvaney, 1982). La relación isotópica $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ se realizó por espectrometría de emisión. Se utilizó el método Dumas para la conversión de N total combinado a N_2 molecular (Fiedler y Proksch, 1975). Las determinaciones de ^{15}N se realizaron por cuadruplico

cado. Los valores de nitrógeno derivado del fertilizante (Nddf) fueron calculados según Rennie *et al.* (1978).

Se efectuó el análisis estadístico por muestras apareadas según el test de Student (Snedecor y Cochran, 1967).

TABLA 2

Tratamientos, aplicaciones parciales de N y estadio fenológico del trigo, 1983 y 1984.

Tratamiento de N	kg N ha ⁻¹ en cada aplicación y estadio fenológico			
	- Siembra (0)	Fin macollaje (28 - 29)	Hoja bandera visible (38 - 39)	Total aplicado
Testigo, T	—	—	—	—
Fertilizado, F . . .	F ₁	50*	50	150
	F ₂	50	50*	150
	F ₃	50	50	150*

* kg N ha⁻¹ como (¹⁵N H₄)₂SO₄ al 10,258 % át. ¹⁵N.

El número entre paréntesis corresponde al código decimal para los estadios fenológicos de cereales, establecido por Zadoks *et al.*, 1974.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción de materia seca y absorción de N

Existe una interacción entre el N aplicado y la humedad del suelo respecto a la producción de materia seca (MS). Las condiciones climáticas de las estaciones de crecimiento de los años 1983, 1984 y 1985 así como la disponibilidad de N fueron diferentes año a año, lo que influyó la magnitud y las pendientes de los cambios en la absorción de N y la producción de MS de las diferentes partes de las plantas. Así, en el ciclo 1984, las precipitaciones superaron casi en 100 mm las del año anterior (Tabla 1) y el tratamiento F se vio a su vez beneficiado con el N residual, es decir aquel que quedó en el suelo de las aplicaciones del año

anterior. En consecuencia, F del año 1984 proporcionó la mayor producción de MS de paja y grano, como puede verse en la Tabla 3. La buena humedad del suelo entre siembra y encañazón aseguró un buen desarrollo de las plantas que, como se observa en la Fig. 1, tuvieron un incremento de MS de las espigas desde antesis hasta madurez y una suave disminución de la MS de tallos-hojas como consecuencia del traslado de fotoasimilados a los granos en desarrollo, en los dos tratamientos. Además, la MS de las plantas enteras se incrementó hasta madurez, indicando que aún en ese momento la planta estaba produciendo materiales (Mc Neal *et al.*, 1966). También en este año, las plantas presentaron una evolución típica del contenido de N (Fig. 2), el

que decreció entre antesis y madurez para tallos-hojas y aumentó para la espiga (Karlen y Whitney, 1980). También aquí el aumento final del

contenido total de N, indicó que las plantas absorbieron N hasta la formación completa del grano (Smith *et al.*, 1983). Resalta el valor míni-

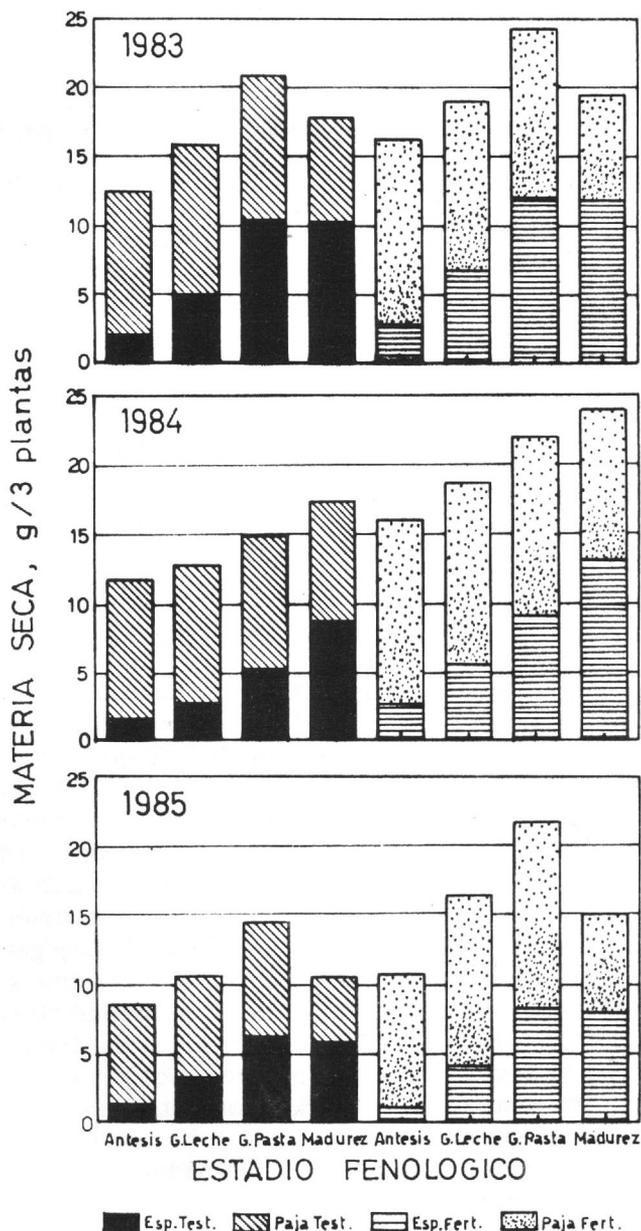


FIG. 1.—Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca de las plantas de trigo.

mo de esta curva, más pronunciado en T, que coincidió con una probable deficiencia hídrica antes de anthesis (Tabla 1). Si bien la mayor

disponibilidad de humedad entre siembra y encañazón permitió una mayor absorción del N del fertilizante aplicado (y residual) y un

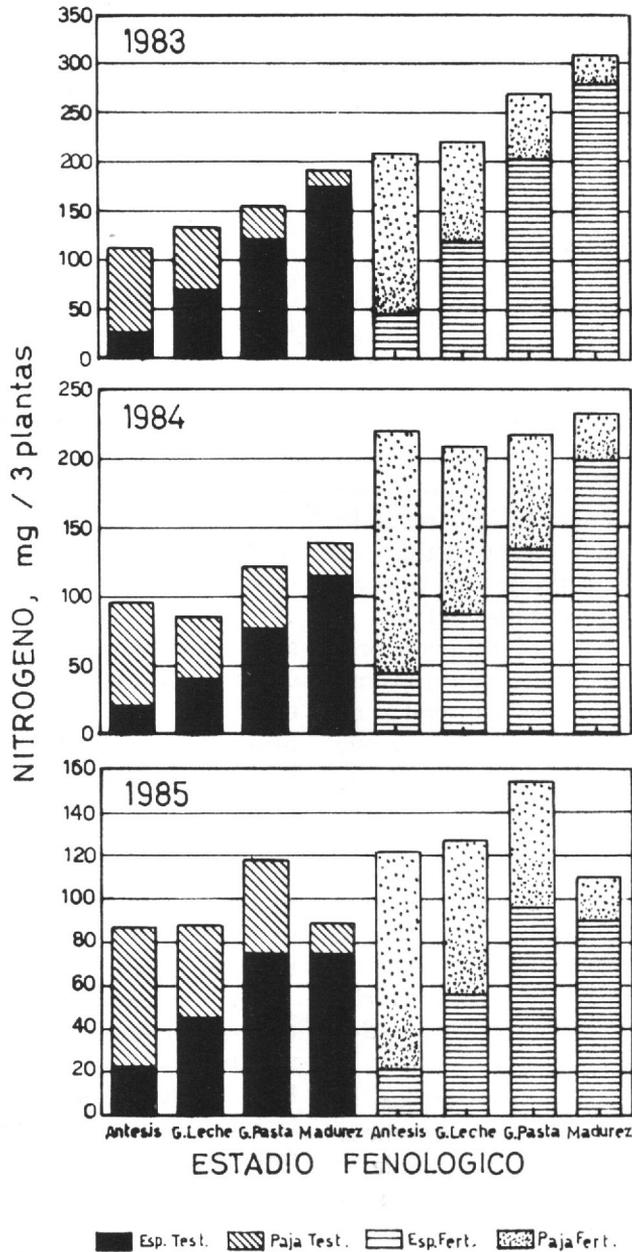


FIG. 2.—Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la acumulación de nitrógeno en las plantas de trigo.

mayor crecimiento vegetativo, las bajas precipitaciones antes de antesis, período crítico para el llenado del grano (Storrer, 1965), y en el período grano lechoso-pastoso, pudieron haber retardado el traslado de N, obteniéndose un rendimiento final del contenido de N en grano en F, inferior al año anterior (Tabla 3).

En el ciclo 1983 se produjo una fuerte declinación de la MS de tallos-hojas en el período grano pastoso-madurez (y una constancia de la MS de la espiga) en ambos tratamientos, siendo más brusca en F con mayor producción de área foliar (Fig. 1). Es de destacar que el ciclo 1983 soportó, además de baja disponibilidad de agua desde la siembra, un fuerte estrés hídrico en el último período de desarrollo del Grano (Tabla 1), lo que a su vez produjo una más rápida senescencia de hojas y tallos y, en consecuencia, una limitación pronunciada en el traslado de fotoasimilados al grano. Según Campbell *et al.* (1977) para la zona semiárida y con elevadas dosis de N aplicado, se obtiene una mayor producción de área foliar que da como resultado una mayor evapotranspiración y un deficiente uso consuntivo de la humedad del suelo. Esto también produciría pérdidas en el contenido de N de tallos, hojas y raíces mediante exudaciones de compuestos nitrogenados solubles (Fig. 2).

Un comportamiento similar al ciclo 1983 pero aún más pronunciado, fue el del ciclo 1985 donde se produjo una fuerte disminución de la MS y del contenido de N de la planta entera en los dos subtratamientos y al final del ciclo. Esto denotaría que las plantas se vieron im-

posibilitadas de seguir produciendo materiales (muy fuerte estrés hídrico entre grano lechoso y pastoso) y disminuídas en la redistribución del N.

La variación en la absorción de N entre los cultivos de los años 1983 y 1984 han reflejado más bien diferencias estacionales en el desarrollo de las plantas. Esto da lugar a pensar que la contribución del N del fertilizante residual fue pequeña, aunque para nada despreciable, como se pudo apreciar de los datos del ciclo 1985.

La producción de MS de tallos-hojas y espigas, entre antesis y madurez en F, mostró siempre la tendencia de ser mayor que en T, inclusive en el ciclo 1985 donde la única diferencia entre tratamientos radicó en el N residual. Esto se tradujo en los resultados finales de cosecha detallados en la Tabla 3. Allí también puede apreciarse que el contenido de N de grano y de la parte aérea (tanto en F como en T) fue inferior a los obtenidos en 1983, lo que denota la baja fertilidad de estos suelos.

Lo expuesto nos indica la importancia del conocimiento de las interacciones clima-fertilidad para interpretar algunas anomalías de las respuestas de las plantas a los fertilizantes.

En el presente estudio la variedad con que hemos trabajado proporcionó una alta eficiencia de traslado (ca. 85%, Tabla 3) sin diferencias entre tratamientos, indicando que ha sido independiente de la aplicación de fertilizante nitrogenado.

Nitrógeno derivado del fertilizante marcado

Para estudiar el efecto de cada una

de las aplicaciones del fertilizante nitrogenado independientemente de las otras dos, se obtuvieron los porcentajes de N derivado del fertilizante (% Nddf) en los últimos estadios de

las plantas de trigo para cada subtratamiento F_1 , F_2 y F_3 de 1983 y 1984, los que se graficaron en la Fig. 3. El subtratamiento F_1 (^{15}N adicionado a la siembra) no presen-

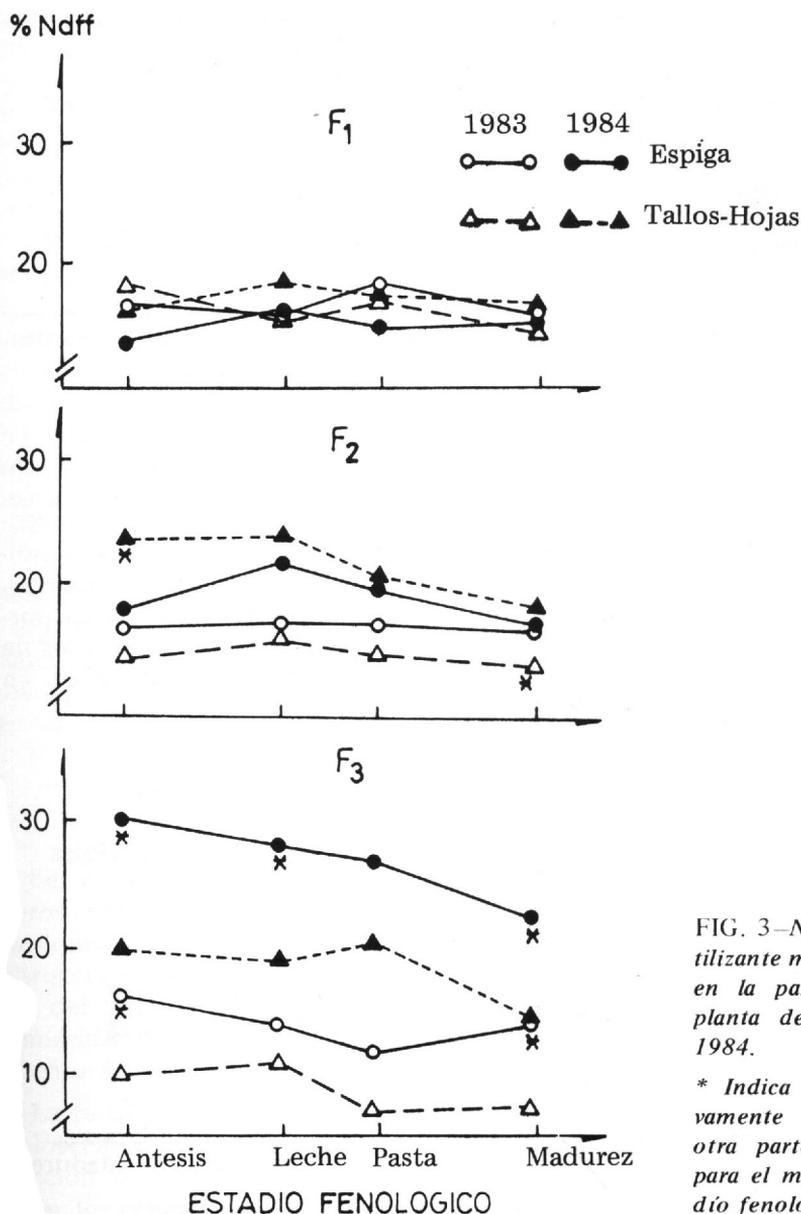


FIG. 3—Nitrógeno del fertilizante marcado (%Nddf) en la parte aérea de la planta de trigo, 1983 y 1984.

* Indica valor significativamente diferente a la otra parte de la planta, para el mismo año y estadio fenológico ($P < 0.05$).

TABLA 3

Materia seca y contenido de nitrógeno, g por área cosechada (0,36 m²), de las plantas de trigo, a la madurez.

Año	Tratamiento	Materia seca		Nitrógeno		N en parte aérea	
		Gramo	Paja	Grano	Paja	Total	Grano % total
1983	Testigo (1) . . .	118,5	158,7	2,02	0,37	2,39	84,5
	Fertilizado (2)	161,4*	162,8	3,83	0,60*	4,43	86,4
1984	Testigo	97,6	120,9	1,53	0,34	1,86	82,2
	Fertilizado . . .	191,6*	212,9*	3,39*	0,65*	4,04	83,9
1985	Testigo	91,4	100,8	1,60	0,32	1,92	83,3
	Fertilizado . . .	123,8*	149,5*	1,87*	0,41*	2,28	85,7

* Valores significativamente diferentes a la misma parte de la planta en el tratamiento Testigo ($P < 0,05$).

(1) Media de 2 lisímetros.

(2) Media de 6 lisímetros.

tó diferencias significativas entre los % Nddf de tallos-hojas y de espigas, desde anthesis hasta madurez, en ninguno de los dos años. El subtratamiento F_2 presenta una tendencia de separación entre los % Nddf de

tallos-hojas y de espiga que se acentúa en el subtratamiento F_3 (¹⁵N adicionado en estado de hoja bandera). En éste, la espiga proporcionó porcentajes de Nddf superiores a los de tallos-hojas ($P < 0,05$) tanto en

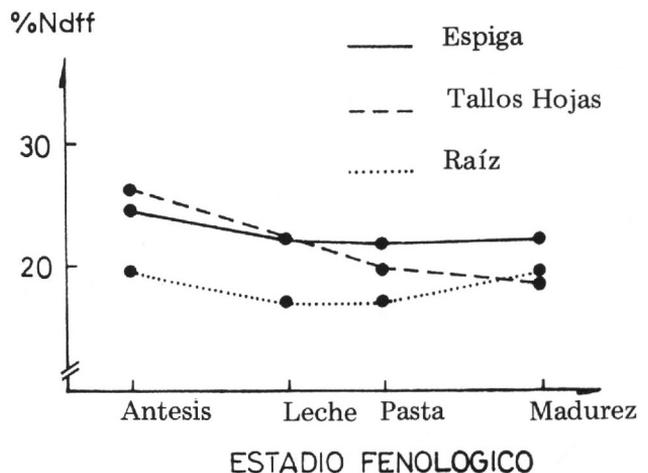


FIG. 4.—Nitrógeno del fertilizante marcado (%Nddf) en la planta del trigo, 1985.

1983 como en 1984. A su vez, en 1984 los % Nddf de la espiga fueron superiores a los respectivos valores en F_1 y F_2 , lo que estaría indicando una mayor disponibilidad de N adicionado tardíamente, cuando existe una buena humedad del suelo. Este N no se distribuiría junto con el resto del N de la planta sino que es llevado directamente, vía xilemática, hacia el grano. Esto concuerda con lo expuesto en el trabajo de Riga *et al.* (1980). Por el contrario, el N adicionado a la siembra se distribuye uniformemente en toda la planta.

Por último, en el ciclo 1984 se obtuvieron, en los tratamientos F_2 y F_3 , porcentajes de Nddf superiores a los de 1983. La adición de N, el efecto residual del N aplicado el año anterior y una mayor humedad del suelo, incrementaron la absorción de ese nutrimento por parte de la planta, en especial de aquel N aplicado tardíamente (F_3).

El ^{15}N remanente en el suelo después de dos cosechas de trigo (ciclos 1983 y 1984) no acusó diferencias significativas entre los subtratamientos F_1 , F_2 y F_3 como se demostrará en la próxima publicación de esta

serie. En consecuencia, se obtuvieron los promedios de % Nddf del tratamiento fertilizado para los distintos estadíos fenológicos entre antesis y madurez, correspondientes al ciclo 1985, los que se muestran en la figura 4. Se incluyeron esta vez los resultados de raíces. En esta Fig. se observa que:

- No hubieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los % Nddf de tallos-hojas y de espiga,
- Los % Nddf fueron constantes para cada parte de la planta analizada, de antesis a madurez.

De lo expuesto surge que aunque en pequeña proporción, el ^{15}N residual estuvo disponible para ser utilizado por un nuevo cultivo de trigo y distribuido uniformemente junto con el resto del N absorbido, similarmente a lo acontecido en el subtratamiento F_1 de los años 1983 y 1984 (ver Fig. 3). Aquellas fracciones de N orgánico marcado, de fácil descomposición, habrían sido mineralizadas y liberado N fácilmente disponible para la absorción por las raíces de las plantas, hasta madurez.

CONCLUSIONES

Las experiencias realizadas permitieron sumarizar las siguientes conclusiones referidas a la fertilización nitrogenada (en aplicaciones parciales) del trigo, en el marco de la zona semiárida del Sur de la Provincia de Buenos Aires.

— La fertilización nitrogenada en los ciclos 1983 y 1984 favoreció la producción de MS e incorporación de N en los cultivos de los años 1983,

1984 y 1985. Las curvas de acumulación de MS y de N a lo largo del estado de antesis y madurez fueron diferentes año a año y estuvieron relacionadas a la aplicación de nitrógeno y al año climático, los que no variaron la eficiencia de traslado de N del cultivar.

— En cuanto a la época de aplicación del N marcado, se observó que el N adicionado a la siembra (F_1) se dis-

tribuye uniformemente en la parte aérea de la planta. En cambio, el N adicionado tardíamente (F_3 , hoja bandera justo visible) estaría fácilmente disponible para las plantas, absorbiéndose con un destino directo hacia el grano. El subtratamiento F_2 tuvo un comportamiento intermedio entre F_1 y F_3 .

— El ciclo 1985 (sin fertilización nitrogenada) absorbió ^{15}N residual el que se mostró uniformemente distribuido entre tallos-hojas y espiga, desde antesis hasta madurez. La baja disponibilidad del N residual no deja de ser importante en cuanto se tenga en cuenta que provocó un aumento significativo ($P < 0.05$) en la MS y el N del

grano. Esto no debería desestimarse cuando se hacen recomendaciones de fertilizaciones en la zona semiárida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a Ing. Agr. Federico Möckel, Profesor de Cereales del Dpto. Agronomía de la Universidad del Sur (UNS) por su asesoramiento relacionado con las prácticas culturales; al Dr. Ramón Rosell por la provisión de fertilizante marcado y al Dr. Reynaldo Victoria, investigador del Centro de Energía Nuclear en Agricultura (CENA) de la Universidad de San Pablo, Brasil, quien fue el responsable de los análisis de la relación isotópica de nitrógeno.

BIBLIOGRAFIA

- BREMNER, J. M. and MULVANEY, C. S., 1982. Nitrogen total. En: Page et al. (Ed) *Methods of Soil Analysis*. 2nd Edition, Part 2. Agronomy 9: 595-624. AM. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis., USA.
- CAMPBELL, C. A., DAVIDSON, R. and WARDER, F. G., 1977. Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the aboveground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.*, 57: 311-327.
- CAMPBELL, C. A. and PAUL, E. A., 1978. Effects of fertilizer N on soil moisture on mineralization, N recovery and A-value, under spring wheat grown in small lysimeters. *Can. J. Soil Sci.*, 58: 39-51.
- DOORENBOS, J. and PRUITT, W. D., 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje.
- FAGIOLI, M., 1976. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre rendimientos y consumos hídricos del trigo en la región semiárida pampeana. RIA, INTA, Bs.As., Argentina, 7: 1-13.
- FEIGENBAUM, S., SELIGMAN, N. G. and BENJAMIN, R. W., 1984. Fate of Nitrogen-15 applied to spring wheat grown for three consecutive years in a semiarid region. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 838-843.
- FIEDLER, R. and PROKSCH, G., 1975. The determination of nitrogen-15 by emission and mass spectrometry in biochemical analysis: a review. *Analytica Chem. Acta*, 78: 1-62.
- FRIED, M., 1980. The quantitative assessment of certain fertilizer management practices in the field. En: FAO/IAEA. Interegional training course on the use of ^{15}N in Soil Science and Plant Nutrition. Leipzig (Ed H. Faust). ZFI. Mitteilungen, 32: 42-57.

- GREENWOOD, E. A. N., BOYD, W. J. R., WHITEHEAD, J. A. and TITMANIS., Z. V., 1970. Effects of time, cultivation and urea on nitrogen stress and yields of wheat on a low rainfall area of Western Australia. *Aus. J. Exp. Agric. and An. Husb.*, 10: 763-767.
- KARLEN, D. L. and WHITNEY, D. A., 1980. Dry matter accumulation, mineral concentration and nutrient distribution in winter wheat. *Agr. J.*, 72: 281-288.
- KRENTOS, V. D. and ORPHANOS, P. I., 1979. Nitrogen and phosphorus fertilizer for wheat and barley in a semiarid region. *J. Agric. Sci. Camb.*, 93: 711-717.
- MC NEAL, F. M., BERG, M. A. and WATSON, C. A., 1966. Nitrogen and dry matter in five spring wheat varieties at successive stages of development. *Agr. J.*, 58: 605-608.
- RENNIE, R. J., RENNIE, D. A. and FRIED, M., 1978. Concepts of ^{15}N usage in dinitrogen fixation studies. En: *Isotopes in biological dinitrogen fixation*. IAEA, Vienna, 107-133.
- RIGA, A., FISHER, V. and VAN PRAAG, H. J., 1980. Fate of fertilizer nitrogen applied to winter wheat as $\text{Na}^{15}\text{NO}_3$ and $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ studied in microplots through a four course rotation: 1-Influence of fertilizer splitting on soil and fertilizer nitrogen. *Soil Sci.*, 130: 88-99.
- ROSELL, R. A. y MARTINEZ, R. M., 1985. Soil management and use of ^{15}N labelled fertilizer for wheat in semiarid Argentina. *Z. An. Edafol. Agrobiol.*, 44, 1069-1080.
- ROSELL, R. A., MARTINEZ, R. M. and SOMMER, K., 1987. Wheat soil management and N fertilization in semiarid Argentina. *An. Edafol. Agrobiol.*, 46: 1319-1334.
- SMITH, T. L., PETERSON, G. A. and SANDER, D. H., 1983. Nitrogen distribution in roots and tops of winter wheat. *Agron. J.*, 75: 1031-1036.
- SNEDECOR, G. E. and COCHRAN, W. G., 1967. *Statistical methods*. 6th Ed. Amer. IOWA State Univ. Press., USA.
- STORRIER, R. R., 1965. The influence of water on wheat yield, plant nitrogen uptake and soil mineral nitrogen concentration. *Aust. J. Exp. Agric. and An. Husb.*, 5: 310-316.
- TAYLOR, A. C., STORRIER, R. R. and GILMOUR, A. R., 1978. Grain yield response to nitrogenous fertilizer. *Aust. J. Exp. Agric. and An Husb.*, 18: 118-128.
- ZADOKS, CHANG, and KONZAK., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.

Recibido: 17-5-90.

Aceptado: 8-1-91.