

Informaciones Agronómicas

del Cono Sur



Instituto de la Potasa y el Fósforo

Potash & Phosphate Institute

Potash & Phosphate Institute of Canada

En este número:

Fertilización nitrogenada y potásica en banano

Fertilización nitrogenada y métodos de diagnóstico en trigo

Fertilización con potasio y cloro en trigo

Fertilización en plantines de Pino Ponderosa

Evolución espacial y temporal de potasio en el NE de la pampa ondulada

Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica en la producción del banano Musa AAA en fincas comerciales de tres localidades del Trópico de Cochabamba

Oscar Colque¹, Edwin Iquize², y Armando Ferrufino³

¹Ing. Agr. Técnico Validador Banano, ²Ing. Agr. Técnico Estadístico, ³Ing. Agr. MSc., PhD. Director Nuevo IBTA- EE La Jota, Chimoré, Bolivia
oscarcf68@hotmail.com

Introducción

El banano es el rubro de mayor importancia en el Trópico de Cochabamba (TC), adquiere relevancia por la superficie cultivada (12600 ha), familias que participan en el proceso productivo (4000) y, principalmente, por la economía que genera dentro y fuera de las fincas de producción (PDAR, 2003).

Entre los años 2000 a 2004 las exportaciones de banano se incrementaron de 300 000 a 1.962.564 cajas año⁻¹ (600%). A pesar de que sólo 14% de la producción se destina a la exportación, existe una creciente demanda de fruta; este aspecto representa un indicador para mejorar la productividad y calidad del banano.

De acuerdo a registros de producción de las fincas bananeras de exportación del TC, los rendimientos varían de 25 a 33 t ha⁻¹ año⁻¹ (Comité de Banano CONCADE, 2004) y se reportan elevadas tasas de descarte ocasionadas por daños físicos, insectos, enfermedades y, principalmente, porque la fruta no cumple las especificaciones técnicas de largo y grosor de la fruta.

Para la obtención de fruta con calidad comercial (longitud y grosor), es necesario que las plantas de banano reciban una nutrición balanceada. Sobre este aspecto en el TC se han realizado trabajos de investigación en fertilización y los niveles recomendados fueron de 200 kg de nitrógeno (N) ha⁻¹ año⁻¹ y 400 kg

potasio (K) ha⁻¹ año⁻¹ (Ferrufino, 2001); sin embargo la cantidad de nutrimentos a reponer debe ser ajustado de acuerdo al análisis de suelos.

El presente trabajo fue realizado con el objetivo de validar en fincas comerciales, los beneficios productivos y económicos de la tecnología de nutrición nitrogenada y potásica recomendada por el Nuevo IBTA.



El Ing. Agr. Oscar Colque (Nuevo IBTA) en una plantación de banano con severas deficiencias nutricionales



Director: Dr. Fernando O. García
 INPOFOS Cono Sur
 Av. Santa Fe 910
 (B1641ABO) Acassuso – Argentina
 Tel/Fax (54) (011) 4798-9939
 E-mail: fgarcia@ppi-ppic.org
 Sitio Web: www.inpofos.org
www.ppi-ppic.org



Propietario: Potash and Phosphate
 Institute of Canada (PPIC)



ISSN 1666 - 7115
 No. de Registro de Propiedad Intelectual 222581

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño e Impresión: www.agroeditorial.com.ar
amatthiess@amatthiess.com.ar

Contenido:

Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica en la producción del banano Musa AAA en fincas comerciales de tres localidades del Trópico de Cochabamba 1

Fertilización nitrogenada y métodos de diagnóstico de requerimiento de nitrógeno en trigo 8

Efecto de la fertilización con potasio y cloro sobre el rendimiento y severidad de las enfermedades foliares en trigo 16

Fertilización en plantines de Pino Ponderosa Respuesta en plantación 20

Evolución espacial y temporal de potasio en 30 años de agricultura continua en el noreste de la pampa ondulada 23

Congresos, Cursos y Simposios 25

Publicaciones de Inpofos 26

Metodología

Este trabajo se realizó en tres fincas comerciales de banano (Musa AAA) de las asociaciones ASIPLA, ASPROBAN y ASIPA, ubicadas en las localidades de La Playa, Senda B y 16 de Julio, (Provincias Chapare y Carrasco del Trópico de Cochabamba, respectivamente). En cada finca se tomaron cinco hectáreas. El trabajo de campo inició en junio 2003 y finalizó en diciembre de 2004.

Se registraron datos climáticos durante las gestiones 2003 y 2004, el promedio de la precipitación fue de 4063 mm y las temperaturas promedio, máxima y mínima fueron 25.9, 31.1 y 20.7 °C, respectivamente.

Al inicio del trabajo se realizó la caracterización de las fincas y se determinó la línea base de manejo agronómico (Tabla 1). Para ello se usó el método de auditorías de campo adaptado de Banaxass 3.0 (BANANAXASS 3.0, 2002).

Las características químicas y físicas de suelos de las fincas fueron determinadas en el laboratorio de análisis

de suelos del Centro de Investigación en Agricultura Tropical de Santa Cruz (Tabla 2). De cada finca se obtuvo una muestra compuesta (20 submuestras) mediante la técnica del muestreo sistemático, a 20 cm de profundidad y una distancia de 50 cm frente al hijo de sucesión.

La población de nematodos y raíces funcionales fue determinada en el laboratorio de la Estación Experimental La Jota. Las muestras se obtuvieron de 10 plantas (hijos de sucesión entre 1 a 1.5 m de altura) de plantas madres prontas o paridas. En laboratorio, éstas fueron homogeneizadas mediante el método de centrifugación y el conteo fue realizado en un esteoscopio (Tabla 3).

El tratamiento propuesto por el Nuevo IBTA consistió en la aplicación de fertilizantes a dosis de 200 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ (9 qq de Urea) y 400 kg K₂O ha⁻¹ año⁻¹ (13 qq de Cloruro de Potasio), fraccionados en 12 ciclos por año más labores culturales (deshoje fitosanitario y protección, deshije, desvío de hijos, y embolsado). Los niveles de nutrimentos utilizados en este trabajo

Tabla 1. Características de población y manejo agronómico de las fincas en las que se realizó el trabajo de validación. TC, junio, 2003.

Localidad	Edad de plantación (años)	Población (pl/ha)	DMA (m)	Distribución de plantas (%)	Manejo de la plantación			Control de sigatoka negra
					Embolsa	Fertilización	Deshoje	
16 de Julio	5	1808	1.82	10.5	Si	No	Si	Terrestre
La Playa	5	1959	1.75	8.2	Si	No	Si	Aéreo
Senda B	5	1927	1.69	11	Si	No	Si	Terrestre

DMA = Distancia mínima aceptable entre plantas

fueron ajustados en base a recomendaciones de suelos y recomendaciones de trabajos de investigación realizadas por Ferrufino (2001) y Ayaviri et al. (2003). A estas fincas se denominó fincas de validación o fincas con tecnología del Nuevo IBTA.

Las fincas seleccionadas se compararon con fincas adyacentes (en las localidades I6 de Julio y Senda B), y bloques de producción (en la localidad La Playa). Estas fincas y bloques no aplicaron la tecnología propuesta por Nuevo IBTA (fertilización) pero realizaron similares labores culturales y se consideran como testigos.

La dosis por planta fue determinada en base a la cantidad de unidades productivas por hectárea. El fertilizante fue aplicado en media luna frente al hijo de sucesión.

La edad de las fincas seleccionadas y testigos fue de cinco años aproximadamente todas insertas en el proceso de exportación de banano.

Las variables evaluadas en el presente trabajo corresponden a:

- Peso de racimos, se determinó pesando el racimo más pinzote al momento de la cosecha.
- Calibre o grado (1 grado = 1/32avos de pulgada = 0.7935 mm) y largo de dedo, se determinó midiendo el diámetro y longitud del dedo central de la fila inferior en la segunda mano del racimo.
- Conversión, se obtuvo realizando la relación de cajas obtenidas por racimos procesados.
- Ingreso neto en dólares (U\$) por hectárea año

Las variables peso de racimos, calibre y largo de dedo se registraron en las fincas seleccionadas y testigos a la finalización del trabajo. Se evaluaron 420 racimos (90 y 330 racimos en fincas de validación y testigos, respectivamente).

La variable conversión de racimo a caja fue re-

gistrada en forma semanal desde el inicio hasta la finalización del trabajo. Se evaluaron 150706 racimos (48249 y 102457 racimos en las fincas de validación y testigos, respectivamente). Esta variable fue priorizada por tratarse de un parámetro que mide la calidad y productividad.

Para la obtención del ingreso neto se procesaron datos de número de racimos, cajas y chipas obtenidas en la localidad I6 de Julio durante la gestión 2004. Para los cálculos se sustrajeron del costo de una caja de banano (1.5 \$US) y el costo de producción de un racimo (0.81 \$US). La diferencia fue multiplicada por el número de cajas obtenidas en una hectárea. En las fincas testigo no se considero el costo de fertilizante.

Las variables evaluadas fueron procesadas bajo el criterio del análisis de varianza de clasificación jerárquica con el procedimiento modelo lineal mixto (Steel y Torrie, 1992). Los tratamientos fueron discriminados con el procedimiento de promedios por mínimos cuadrados y la distribución de t de Student. La única variable procesada con el modelo lineal generalizado (Montgomery, 2003), fue la de conversión.

El manejo agronómico de las fincas de validación fue realizado por los productores asistidos por técnicos del Nuevo IBTA. La labor de deshoje fitosanitario y protección fue ejecutado en forma semanal, el deshije cada ocho semanas y el control de la sigatoka en 13 oportunidades, previo a un monitoreo de campo. La protección de la fruta mediante el embolsado y encintado fue realizada y registrada en forma semanal. Las fincas testigo recibieron manejo agronómico similar a las fincas de validación a excepción del monitoreo de la sigatoka negra.

Tabla 2. Características químicas y físicas de suelos de las fincas en las que se realizó el trabajo de validación. TC, 2003.

Localidad	pH *		CE µS cm ⁻¹	Cationes Intercambiables cmol kg ⁻¹				CICE	Porcentaje de saturación	
				Ca	Mg	Na	K		bases	acidez
I6 de Julio	4.7	Fuertemente ácido	66	1.7	0.6	0.13	0.24	4.8	56%	45%
La Playa	5.2	Fuertemente ácido	42	2.0	2.2	0.15	0.11	4.7	95%	4%
Senda B	4.4	Muy fuertemente ácido	78	2.6	1.6	0.19	0.28	7.5	62%	38%

Localidad	Acidez	Al	P mg kg ⁻¹	MO %	N Total %	Arena	Limo	Arcilla
	cmol kg ⁻¹					%		
I6 de Julio	2.1	1.5	17	2.3	0.18	44	39	17
La Playa	0.2	0.0	9	2.1	0.11	29	56	15
Senda B	2.8	1.8	9	2.4	0.20	7	70	23

* Según clasificación laboratorio de análisis de suelos CIAT de Santa Cruz.

Tabla 3. Población de nematodos en 100 g de raíz y porcentaje de raíces funcionales de las fincas en las que se realizó el trabajo de validación.

Localidad	Radopholus similis	Helicotylenchus	Meloidogyne	Raíces funcionales (%)
I6 de Julio	10360	648	81	77
La Playa	576	1180	182	94
Senda B	20026	1325	0	76
Promedio	10321	1051	88	83

Fuente: Escalier (2003).

Resultados

Peso de racimo

El peso de racimo mostró diferencias altamente significativas ($P: 0.001$) entre localidades y tratamientos dentro localidades. En las localidades La Playa, 16 de Julio y Senda B, el tratamiento Tecnología Nuevo IBTA tuvo mayor peso de racimo frente a los testigos (Figura 1). En general, el peso del racimo en la localidad La Playa fue mayor seguida por 16 de Julio y Senda B. En la localidad La Playa probablemente la baja saturación de acidez (4%), pH moderadamente ácido (5.2) y alta saturación de bases (95%), favorecieron un mayor crecimiento radicular y mejor aprovechamiento de los nutrientes aplicados y otros presentes en el suelo, traduciéndose en mayor peso del racimo (Tabla 2). En cambio en las localidades de 16 de Julio y Senda B, la saturación de

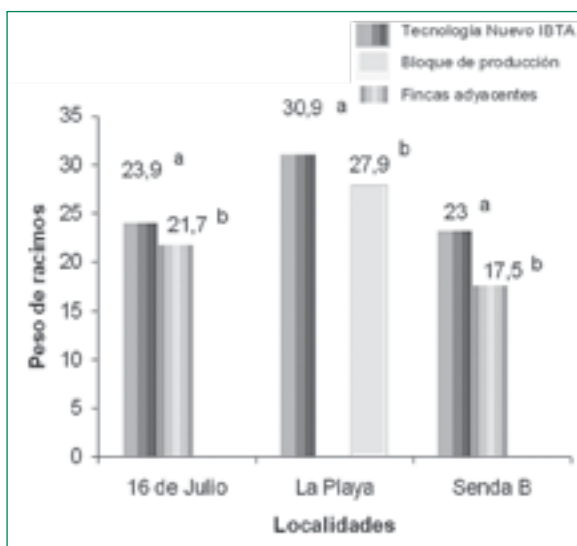


Figura 1. Peso racimos (fruta + pinzote) de las fincas de validación, fincas adyacentes y bloques de producción (testigos).

acidez fue 45 y 38% y saturación de bases 56 y 62% (Tabla 2), cuyos valores según Espinosa y Molina (1999), Ferrufino (2001) y Bertsch (1999), son considerados limitantes en la producción de banano.

Adicionalmente a los factores restrictivos del suelo (pH ácido y alta saturación de acidez) en las localidad de Senda B y 16 de Julio, es probable que el peso de racimos de banano también hayan sido afectados por la alta población de *R. similis* (20 000 y 10360 nematodos en 100 g de raíces, respectivamente). De acuerdo a Tarté y Pinochet (1981), citados por Escalier et al. (2003), el nivel crítico para esta especie es de 10 000 ejemplares en 100 g de raíces. Esto implica que plantas de banano que tienen raíces con poblaciones de nematodos superiores a 10 000 unidades pueden ser afectadas en la producción. Por otro lado, según Escalier (2003), en la región del TC el peso de los racimos disminuye cuando la población de nematodos se encuentra entre 10 000 a 20 000 y se acentúa después de los 30 000 nematodos por 100 g de raíces, con pérdidas de hasta un 28%. En la Playa, la población de nemátodos fue de 576 nematodos por 100 g de raíces.

Número de manos por racimo y número de dedos en la segunda mano

El análisis de varianza para el número de manos por racimo y número de dedos en la segunda mano mostró diferencias significativas ($P: 0.01$) entre localidades y entre tratamientos. Dentro las localidades solo fue significativo para el número de manos. La respuesta del número de manos a la Tecnología Nuevo IBTA fue favorable frente al testigo ($P: 0.001$) en la localidad Senda B (Figura 2a). El menor número de manos por racimo (5.8) observados en el testigo (Senda B) se debe al estado nutricional pobre de la plantación según López (2000). Referente al número de dedos de la segunda

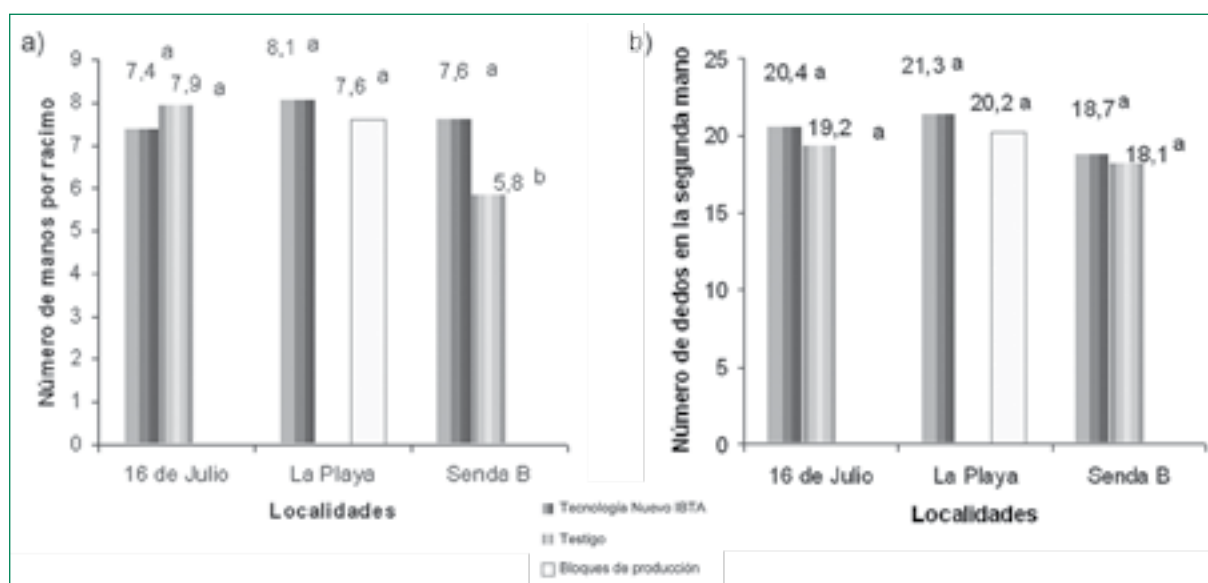


Figura 2. Respuesta por tratamientos entre localidades en relación a: a) número de manos por racimo y b) número de dedos en la segunda mano.

mano del racimo no se presentaron respuesta a la fertilización y labores culturales (Figura 2b).

De acuerdo a la correlación entre número de manos y peso del racimo ($r = 0.703$), se asume que la adición de nutrimentos en suelos que tienen condiciones químicas menos adversas, favoreció la asimilación de nutrientes.

Longitud y calibre del dedo central de la segunda mano

La evaluación de longitud y calibre del dedo central mostró diferencias estadísticas entre localidades y entre tratamientos dentro localidades. La Tecnología Nuevo IBTA tuvo respuesta de la longitud de dedo en las localidades de 16 de Julio y Senda B frente a los testigos (Figura 3a). Respecto a la variable calibre de dedo (Figura 3b), solo en la localidad 16 de Julio se observó un incremento del calibre frente al testigo.

De acuerdo a los resultados se observó que la fruta de mayor calibre, longitud y peso se encontró en La Playa. En otros trabajos se encontró que la longitud y calibre del fruto es influenciada por la fertilización potásica.

Conversión

El análisis estadístico para la variable conversión fue significativo entre tratamientos y en la interacción por localidad, tratamiento y mes dentro de años de evaluación a $P: 0.001$. Por otro lado, los resultados de conversión de las fincas que aplicaron la tecnología propuesta por el Nuevo IBTA comparados con las fincas testigos, mostraron diferencias altamente significativas ($P: 0.001$) en las tres localidades (16 de Julio, La Playa y Senda B), a favor de las fincas asistidas por el Nuevo IBTA. El incremento de la conversión fue del 17% comparado con las fincas testigos (Figura 4a).

La conversión en las fincas de validación con la tecnología del Nuevo IBTA frente a los testigos fue similar al inicio y se incrementó durante el desarrollo de trabajo hasta su finalización. Se observaron mejoras a partir del mes de octubre prolongándose hasta abril; estos meses coinciden con los periodos de mayor calor y precipitación en la región del TC (temperatura media promedio de 27.29°C y 2854 mm equivalente al 74% de la precipitación total). En cambio, los valores de conversión en los meses de mayo a septiembre disminuyeron, coincidiendo con las épocas de frío o surazos y menor precipitación (temperatura mínima promedio 18.44°C y 1004 mm equivalente al 26% de la precipitación total).

Por otro lado, la conversión de racimo procesado a caja también es determinada por el manejo adecuado de la fruta, durante y después la cosecha (Arévalo, 2000). De esta manera, se logra una mejor presentación en el mercado final y se reduce el desperdicio de fruta ocasionado por daños como magulladuras, daños de cuello y cicatrices. Sin embargo, es necesario aclarar que el peso de los racimos está determinado por factores hídricos, control fitosanitario y principalmente la nutrición balanceada. Varios trabajos de investigación han demostrado que la calidad de fruta es influenciada por la reposición oportuna de nutrimentos en los volúmenes requeridos por la planta de banano, principalmente N y K (Espinosa y Molina, 1999). En un trabajo sobre el efecto del K en la producción de banano en la región del TC, Ayaviri et al. (2003) encontraron incrementos de 1.8 kg por cada 100 kg de K aplicado anualmente.

Ingreso neto por hectárea

De acuerdo a la Figura 5, el ingreso neto ha-1 año-1

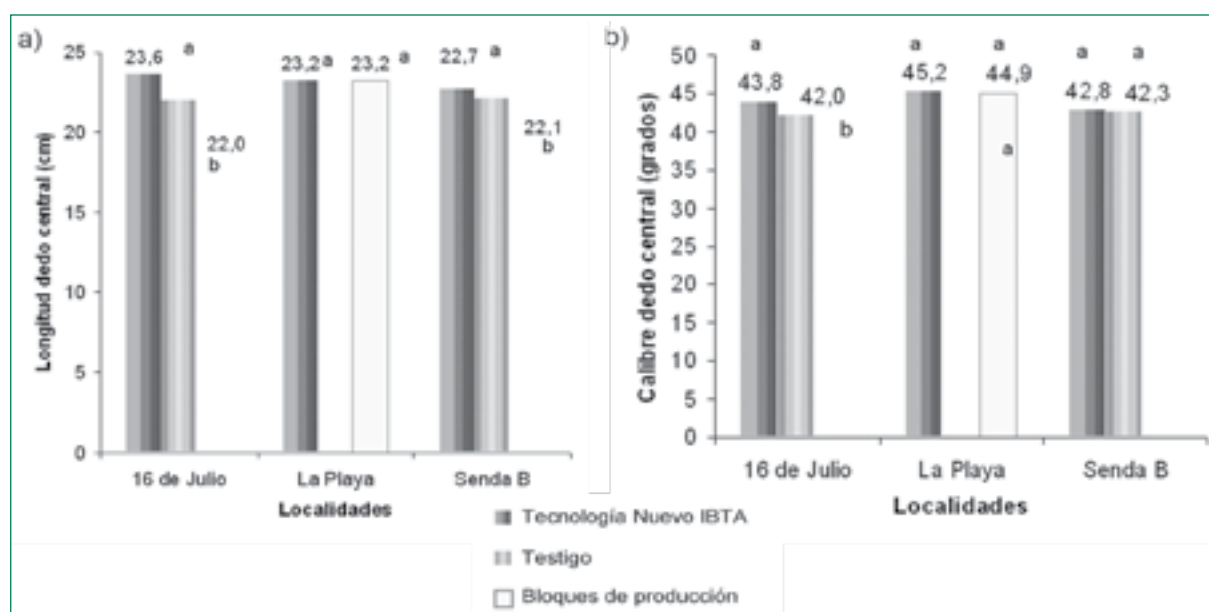


Figura 3. a) Longitud del dedo central de la segunda mano por localidad comparado entre las fincas de validación y testigos, y b) calibre de dedo central de la segunda mano por localidad comparado entre fincas de validación y testigos.

por venta cajas y chipas de las fincas manejadas con tecnología propuesta por el nuevo IBTA y fincas testigo fueron de 1098 y 706 \$US respectivamente. El ingreso adicional de la parcela manejada con la tecnología propuesta por el Nuevo IBTA fue de 391 \$US frente al testigo. Este aspecto implica que se obtuvo 36% de ingreso adicional frente a las fincas testigo.

Conclusiones

- La localidad La Playa mostró mayor peso de racimos en el tratamiento y testigo, porque las condiciones químicas del suelo favorecieron a la asimilación de los nutrimentos aplicados, frente a las localidades Senda B y 16 de Julio.
- En la localidad de Senda B, la finca de validación con tecnología del Nuevo IBTA mostró mayor respuesta a la fertilización.
- En las tres localidades, las fincas de validación con tecnología del Nuevo IBTA fueron superiores en pesos de racimo, número de manos por racimo, largo y calibre de dedo comparados con las fincas adyacentes y bloques de producción (testigos).
- La conversión promedio de racimo a caja de las fincas de validación fue incrementada en 17%. La localidad que aumentó en mayor proporción fue La Playa, seguida de 16 de Julio y Senda B con 21, 15 y 14% respectivamente.
- Se obtuvo 36% de ingreso adicional (391 \$US) en las fincas manejadas con la tecnología propuesta por el Nuevo IBTA comparado con los testigos.

Agradecimientos

Productores: Simón Corrales Efrosina Miranda (ASPROBAN), Félix Mamani, Ángel Mariaca, Serafín Mejía (ASIPLA) y Liborio Loza (ASIPA), en el establecimiento y manejo de las fincas de validación.

Técnicos: Jorge Ayaviri y Percy Rivas (UNABANA) Julio Cesar Martínez (ABAPI), Rolando Escobar, Rómulo Grágeda; Ramiro Villarpando (Nuevo IBTA).
Promotores: Ronald Limachi (ASIPLA).

Estudiantes: René Delgadillo tesista Nuevo IBTA, Ronald Verazain, Samuel Mejía, Martín Chino y Lisandro Zapata (TAC).

Bibliografía

Arévalo, J. 2000. Manual de procesos de cosecha y empaque de banano. Proyecto CONCADE. Cochabamba, Bolivia. 74 p.

Ayaviri, J., Rivas, P. y Ferrufino, A. 2003. Respuesta del banano clon Valery a la fertilización nitrogenada y potásica en tres localidades. Trabajo de tesis presentado en el Congreso de Suelos. Santa Cruz Bolivia. 14p.

Berstch, F. 1999. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.

BANAXASS 3.0, 2002. Sistema agrícola de producción bananera. AGROSOFT. S. A. Guayaquil, Ecuador 23 p.

Ferrufino, A. 2001. Respuesta a la fertilización en los cultivos comerciales más importantes en el Trópico de Cochabamba. Proyecto CONCADE. Cochabamba, Bolivia. pp15-22.

Escalier, B. 2003. Diagnóstico de nematodos en el rubro banano. Informe Anual 2003 Nuevo IBTA Proyecto CONCADE.

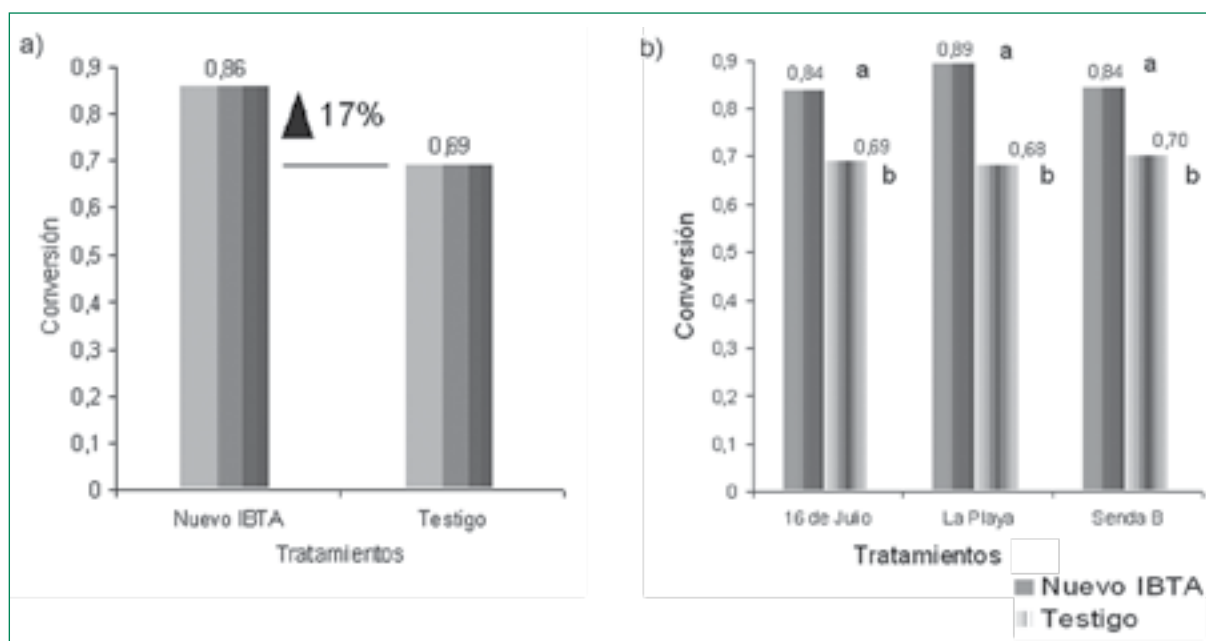


Figura 4. a) Conversión de racimos a cajas comparadas entre la tecnología propuesta por el Nuevo IBTA con fincas testigos, y b) Conversión de racimos a cajas comparadas entre la tecnología propuesta por el Nuevo IBTA con fincas testigos en las localidades de 16 de Julio, La Playa y Senda B, 2004.

Escalier, B. Camacho, J. y Ferrufino, A. 2003. Determinación de umbral de daño económico para nematodo *Radopholus similis* en cultivo de banano (Musa AAA), Segundo Congreso de protección Vegetal. Cochabamba Bolivia. 3p.

Espinosa, J. y Molina, E. 1999. Acidez y encalado de los suelos. Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá. 42 p.

López, A. 2000. Interpretación de los análisis químicos de suelos y foliares en el cultivo de banano (Musa AAA cv. Valery) en Costa Rica. Análisis de un caso y factores involucrados. San José Costa Rica. 10p.

Montgomery, D. 2003. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa Wiley México DF 686p.

Steel y Torrie. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. México DF. 661 p.

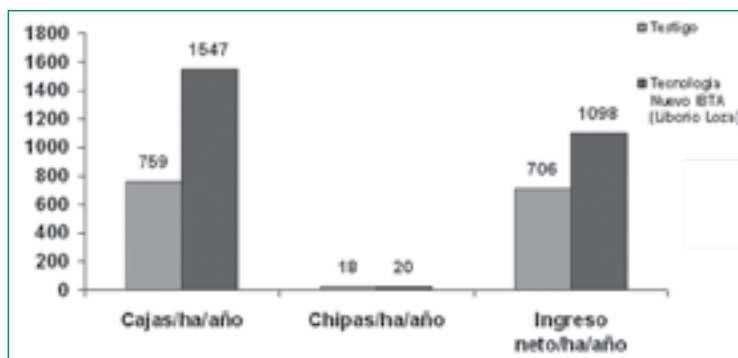


Figura 5. Ingreso neto $ha^{-1} año^{-1}$ (venta cajas y chipas) de las fincas con tecnología propuesta por el nuevo IBTA comparada con el promedio de tres fincas testigos en la localidad 16 de Julio.

Agosto
2005



XIII Congreso Nacional de AAPRESID y IV Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa

Bolsa de Comercio de Rosario. 9-12 Agosto 2005

Información:

Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa
(AAPRESID) - www.aapresid.org.ar

Disertantes del IV Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa, organizado por AAPRESID, Fertilizar e INPOFOS:

Jill Clapperton (Canadá), Matías Ruffo (EE.UU.), Graeme Blair (Australia), Joao C. Moraes Sá (Brasil), Ricardo Melchiori (Argentina), Néstor Darwich (Argentina), Manuel Ferrari (Argentina) y panel de asesores regionales.

AAPRESID

Fertilización nitrogenada y métodos de diagnóstico de requerimiento de nitrógeno en trigo

H. Echeverría, P. Barbieri, H. Sainz Rozas y F. Covacevich

Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce

hecheverr@balcarce.inta.gov.ar

Introducción

En el sudeste bonaerense, el trigo es el cultivo de invierno que ocupa la mayor superficie. El uso más intenso del suelo en los últimos años ha resultado en una disminución del contenido de materia orgánica (MO), y por consiguiente, se observa una respuesta generalizada al agregado de nitrógeno (N) en trigo, particularmente bajo siembra directa (Falotico et al., 1999).

En la actualidad, el método de diagnóstico más difundido en la zona para determinar la necesidad de fertilización con N para maximizar el rendimiento, se basa en la medición del contenido de nitratos en el suelo (0-60 cm) al momento de la siembra (Gonzalez Montaner et al., 1997). Bajo siembra directa y con antecesor soja, se ha determinado una dosis óptima de 150-X (siendo X la cantidad de N en el suelo hasta los 60 cm a la siembra en kg N/ha), para variedades tradicionales, y de 170-X para una variedad de germoplasma de origen francés (Calviño et al., 2002). Sin embargo, en dicho trabajo la aplicación de N se realizó cuando el cultivo se encontraba con tres hojas desarrolladas, y por lo tanto, plantea dudas acerca del uso de dicho umbral cuando el N es aplicado a la siembra.

En el sudeste bonaerense, a diferencia de otras zonas trigueras de Argentina, es poco probable que ocurran deficiencias hídricas en los primeros estadios de desarrollo del cultivo (Calviño y Sadras, 2002) siendo más frecuente que las mismas puedan ocurrir desde mediados a fin del ciclo. Por lo tanto, cuando las aplicaciones de N son realizadas a la siembra, se aumenta el tiempo de exposición de dicho nutriente a los mecanismos de pérdida, entre ellos el lavado de nitratos y/o la desnitrificación, los que pueden afectar la eficiencia de uso del N. En consecuencia, la determinación del contenido de N mineral a la siembra del cultivo sería una herramienta de diagnóstico poco confiable cuando se presentan dichas condiciones.

Otra alternativa que puede ser utilizada con fines de diagnóstico de requerimiento de N, en estadios más avanzados del cultivo, es la determinación de la concentración de nitratos (N-NO_3^-) en la base de los seudotallos (Viglezzi et al., 1996; Strada et al., 2000). El análisis del contenido de nitratos tiene las ventajas de requerir menos tiempo y esfuerzo para la obtención de las muestras y de que la planta puede ser un mejor integrador de los factores que determinan la disponibilidad de N en el suelo (Echeverría et al., 2000). Se ha determinado que el estadio fenológico en el cual

se obtiene el rango de concentración más amplio es cerca de ápice en doble arruga (Castellarín et al., 1999; Echeverría et al., 2000). Para el sudeste bonaerense, en este estadio fenológico se han establecido umbrales de respuesta de $4,6 \text{ g N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ para rendimientos máximos de 5700 (Viglezzi et al., 1996) y de $7,9 \text{ g N-NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$ para rendimientos máximos de 5900 kg ha^{-1} (Strada et al., 2000).

Si bien estos resultados fueron obtenidos bajo diferentes manejos (variedades, fechas de siembra y antecesores), la diferencia en los valores de umbral de respuesta plantea dudas a la hora de implementar en la práctica esta metodología con fines de diagnóstico de requerimiento de N. Iversen et al. (1985), reportaron que la concentración de nitratos en la base de los tallos de maíz no fue un buen estimador de la disponibilidad de N para el cultivo, cuando dicha metodología de diagnóstico se estudio para diferentes condiciones de manejo, sitios y años.

En base a estos antecedentes y para cultivos de trigo realizados en la zona periserrana del sudeste bonaerense, se plantean como objetivos: a) determinar la magnitud de la respuesta del cultivo de trigo a la aplicación de N a la siembra o al macollaje, b) validar la metodología de diagnóstico basada en la determinación del contenido de nitratos en el suelo a la siembra y al macollaje, y c) establecer la relación entre el rendimiento relativo en grano de trigo con la concentración de nitratos en los seudotallos al estadio de macollaje.

Materiales y Métodos

Durante dos campañas se condujeron ensayos de fertilización sobre suelos Argiudoles, en las localidades de Otamendi, Balcarce y Tandil, las que son representativas de la zona periserrana del sudeste bonaerense (Tabla 1). En la segunda campaña se perdió el ensayo realizado en Balcarce. En cada sitio se realizaron dos ensayos, uno con el cultivar de tipo tradicional Buck Sureño (BS) y otro con el cultivar de germoplasma francés Baguette 10 (B10). El diseño experimental utilizado fue en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones y los tratamientos fueron cuatro dosis de N: testigo, 100, 150 y 200 kg N/ha . El fertilizante a aplicar a la siembra o al macollaje se calculó como la dosis mencionada menos el contenido de N-NO_3^- (kg/ha) en el suelo determinado en presiembra (0-60 cm de profundi-

dad). Se emplearon las técnicas usuales de los productores de cada sitio, los ensayos se condujeron sin deficiencias de P. Se realizó un adecuado control de malezas y se efectuaron aplicaciones preventivas de fungicida.

Durante el macollaje (estadio fenológico de doble arruga), se efectuó un muestreo de suelo para determinar el contenido de nitratos (0-60 cm), y se tomaron 25 seudotallos de cada parcela de BS. El muestreo de plantas se realizó antes de las 10 horas y en el campo se seccionaron las raíces y las láminas de las hojas, a fin de minimizar cambios en la concentración de nitrato. Posteriormente, las muestras fueron lavadas y llevadas a estufa hasta peso constante y la extracción del contenido de $N-NO_3^-$ se realizó en forma análoga a la reportada por Echeverría (1985). La cuantificación de nitratos se efectuó por colorimetría con ácido fenol disulfónico.

En madurez fisiológica se cosechó 1 m² de cada parcela y se determinó el rendimiento del cultivo a 14% de humedad. En cada sitio y año se estimaron las pérdidas aparentes por lavado mediante la utilización del modelo de Burns (1974).

El rendimiento relativo (RR) se calculó como la relación entre el rendimiento de cada tratamiento y el rendimiento promedio de la dosis más elevada de N. La dosis necesaria para el 95% del RR se obtuvo en base al ajuste de un modelo cuadrático utilizando la rutina NLIN del programa Statistical Analysis System. Los resultados fueron analizados utilizando las rutinas incluidas en dicho programa.

Características de las campañas

Se presentan como modelo a las características climáticas registradas en la localidad de Balcarce, las que son representativas de las tres localidades. La temperatura media del aire durante el ciclo del cultivo de trigo en la campaña 2002, fue superior al promedio histórico y al correspondiente a la campaña 2003 en 0,1 y 0,4 °C, respectivamente (Tabla 2). La mayor diferencia se determinó en el periodo de finalización del ciclo del cultivo ya que durante octubre, noviem-

bre y diciembre, dicha diferencia fue de 0,8 y 1,3 °C, respectivamente.

En general, la radiación incidente en la campaña 2002 fue inferior a la histórica durante los periodos vegetativos y hasta mediados del mes de septiembre, y posteriormente igualó o superó los valores históricos en los periodos posteriores (datos no mostrados). Sin embargo, se registraron algunas caídas en la radiación particularmente a mediados del mes de noviembre respecto del promedio histórico. La radiación incidente de la campaña 2003 osciló con valores superiores e inferiores a los históricos durante todo el ciclo, sin diferencias de importancia.

Las precipitaciones registradas en Balcarce en el período junio-diciembre 2002 superaron holgadamente los promedios históricos para dicho período. Se registraron precipitaciones acumuladas de 714 mm, las que fueron particularmente abundantes en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre. Considerando que los requerimientos hídricos del cultivo de trigo son de aproximadamente 380-400 mm, la disponibilidad de agua no habría limitado el crecimiento y rendimiento del cultivo y se produjeron excesos hídricos de relevancia. Esta situación se vería agravada por la elevada disponibilidad hídrica en el perfil del suelo a la siembra del trigo. Durante la campaña agrícola 2003, las precipitaciones registradas fueron superiores a la media histórica, aunque inferiores a las de la campaña previa ya que se registraron 618 mm (Tabla 2).

En síntesis, el efecto de las elevadas precipitaciones sobre el desarrollo del trigo y, particularmente, sobre la disponibilidad de N, fue el rasgo distintivo de la primera campaña, mientras que las menores temperaturas al finalizar el ciclo del cultivo las de la segunda campaña. Esto último se vio reflejado claramente en el retraso en la maduración del cultivo y habría permitido prolongar el periodo de captación del N liberado por mineralización.

Para la campaña 2002 se estimó el efecto del exceso de precipitaciones sobre el lavado de nitratos en el perfil del suelo, con un modelo efectuado por el Ing. M. Di Nápoli en base a las ecuaciones descriptas por Burns (1974). Cuando se fertilizó a la siembra, se

Tabla 1. Algunas características relevantes de los sitios evaluados

	Otamendi 2002	Tandil 2002	Balcarce 2002	Otamendi 2003	Tandil 2003
P disponible (kg ha ⁻¹)	19,7	20,3	14,3	19,7	25,9
Materia orgánica (%)	5,1	5,3	5,7	6,3	5,8
pH	6,2	6,0	6,0	6,2	6,0
C.E. (ds ⁻¹ m)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
N disponible 0-60 cm (kg ha ⁻¹)	19,8	9,1	24,5	24,3	35,3
Sistema de labranza	Convencional	Convencional	Siembra directa	Convencional	Convencional
Cultivo antecesor	Girasol	Maíz	Soja	Girasol	Maíz
Fecha de siembra	29 de julio	13 de agosto	30 de julio	4 de agosto	21 de julio
Densidad de siembra (kg ha ⁻¹)	100	150	120	150	145
Aplicación de N a la siembra	2 de agosto	13 de agosto	3 de agosto	7 de agosto	22 de julio
Aplicación de N al macollaje	24 de set.	27 de set.	23 de set.	2 de oct.	1 de oct.

Fertilización nitrogenada y métodos de diagnóstico en trigo

estimaron pérdidas de importancia y las mismas estuvieron asociadas a la dosis de N aplicado (Figura 1). Para la campaña 2003, al producirse menores excesos hídricos durante los primeros estadios de desarrollo del trigo, el lavado de N fue de menor magnitud. Para la fertilización al macollaje las pérdidas de N por lavado fueron de menor magnitud.

Si bien estos resultados son orientativos, es válido aclarar que la profundidad efectiva del perfil, el contenido inicial de agua y nitratos e inclusive los valores de las constantes físicas del suelo (densidad y retención a capacidad de campo) inciden sobre el resultado del

impacto de una determinada precipitación sobre el lavado de nitratos. Más aún, la intensidad de las precipitaciones y la cobertura o rugosidad del suelo, decidirán si el agua infiltra o escurre superficialmente. De todos modos, estos resultados indican que las aplicaciones tempranas de altas dosis de N (en presiembrado o a la siembra del trigo), serían más susceptibles de ser perdidas por lavado que las aplicaciones en estadios posteriores del cultivo.

Comparación del comportamiento de dos variedades de trigo

El rendimiento promedio de todos los sitios y tratamientos fue de 4604 kg/ha en la primera campaña, mientras que en la segunda fue de 6636 kg/ha, o sea un incremento del 38%. Los elevados rendimientos en la segunda campaña, serían consecuencia de las excelentes condiciones durante gran parte del ciclo del cultivo, particularmente durante el periodo crítico y el llenado de los granos. En el 2002, el rendimiento promedio de los testigos y los tratamientos fertilizados fue de 2990 y 5142 kg/ha, mientras que en el 2003 estos valores fueron de 4440 y 6652 kg/ha, respectivamente (Figura 2). La relativa constancia en la respuesta (2152 y 2221 kg/ha), sugiere mayor disponibilidad o aprovechamiento del N endógeno en la segunda campaña. Considerando que la disponibilidad de N a la siembra no fue muy diferente (promedio 18 y 30 kg N/ha

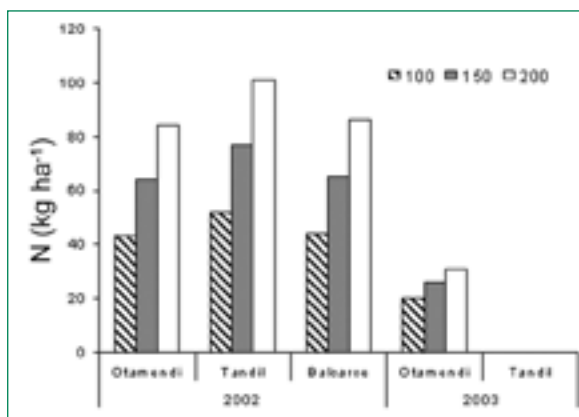


Figura 1. Pérdidas estimadas de N por lavado cuando se fertilizó a la siembra del trigo con los tratamientos 100, 150 y 200 kg N/ha, según el modelo de Burns (1994).

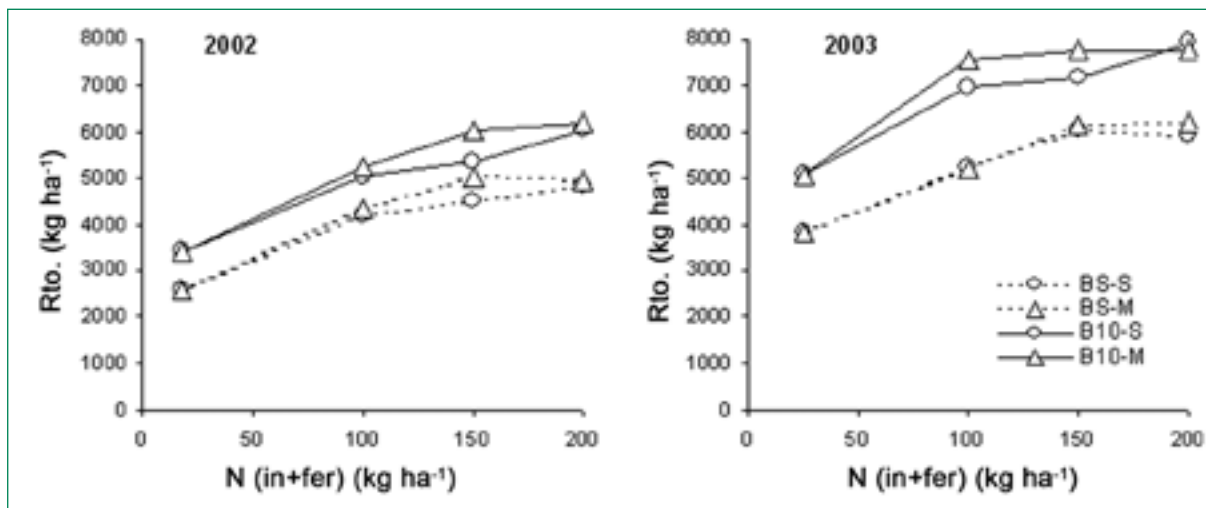


Figura 2. Rendimiento promedio de grano de trigo para tres y dos localidades en 2002 y 2003, respectivamente, en función del N disponible inicial y el aportado por fertilización N (in+fer). B10 = Baguette 10, BS = Buck Sureño, M = fertilización al macollaje y S = fertilización a la siembra.

Tabla 2. Mediana de las precipitaciones y temperaturas históricas, y precipitaciones y temperatura de la campaña 2002 y 2003 en Balcarce.

	Período	J	J	A	S	O	N	D	Jul-Dic
Temperatura	2002	7,0	7,7	9,9	10,1	15,1	16,8	19,4	
Temperatura	2003	9,5	7,5	8,3	10,5	13,9	15,5	18,0	
Mediana Temperatura	1983-2001	8,4	7,5	9,6	10,7	13,7	16,2	19,1	
Precipitaciones	2002	16	45	96	90	276	169	39	714
Precipitaciones	2003	61	69	49	54	108	142	136	618
Mediana Precip.	1983-2001	36	36	39	52	93	89	91	399

para 2002 y 2003, respectivamente), estos resultados sugerirían un mayor aporte por mineralización del N orgánico del suelo y/o una mayor eficiencia de utilización del N (EUN) edáfico.

Los rendimientos obtenidos en el 2002 indican mayor capacidad productiva de B10, el que en promedio de todas las situaciones aventajó en 957 kg/ha a BS. A su vez, la fertilización al macollaje produjo mayores rendimientos que a la siembra, correspondiendo en promedio de las dosis de 100 y 150 kg N/ha, una diferencia respecto a la siembra de 414 kg/ha (8,7%). En la campaña 2003, la diferencia entre variedades fue mayor aún (1668 kg/ha), sugiriendo que la mayor duración del ciclo del cultivo favoreció más a B10 que a BS. A su vez, la fertilización al macollaje para las dosis de 100 y 150 kg N, superó en promedio a la realizada a la siembra en 343 kg/ha (5,4%), aunque esta diferencia fue no significativa (Figura 2). Esto último podría ser debido al corto periodo entre ambos momentos de fertilización

y a las menores precipitaciones registradas en el 2003 luego de las aplicaciones de N a la siembra (Tabla 2).

Un comportamiento diferente al mencionado, respecto a la respuesta del trigo al momento de fertilización, se ha descrito para otras zonas trigueras de la región pampeana. Díaz Zorita (2000), en el oeste de Buenos Aires, sólo encontró respuestas a la fertilización al macollaje en un año con mayores precipitaciones en Setiembre, debido a que en los años con escasas precipitaciones durante ese mes, la absorción de N se vio afectada. Similares resultados fueron reportados por Barbagelata et al. (2001), en ensayos realizados en Paraná (Entre Ríos), bajo siembra directa.

En la primer campaña, los contenidos de proteína entre las variedades de trigo presentaron un comportamiento inverso al de rendimiento, ya que BS, en promedio de todas las situaciones, aventajó a B10 en 2,44%. La fertilización al macollaje produjo mayores contenidos de proteína que a la siembra, correspondiendo

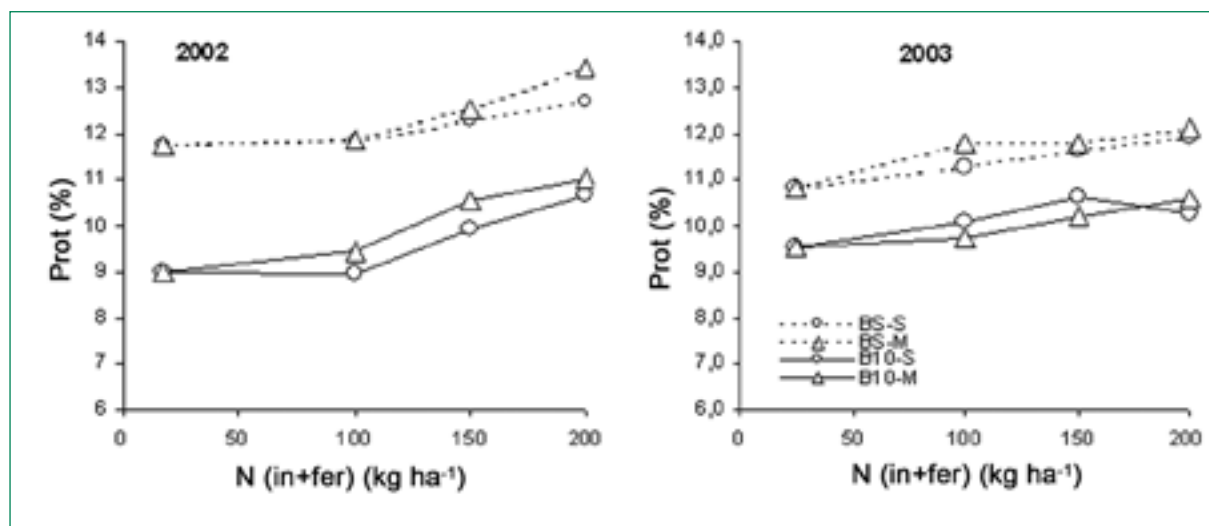


Figura 3. Concentración de proteína en grano de trigo promedio para tres y dos localidades en 2002 y 2003, respectivamente, en función del N disponible inicial y el aporte por fertilización N (in+fer). B10 = Baguette 10, BS = Buck Sureño, M = fertilización al macollaje y S = fertilización a la siembra.

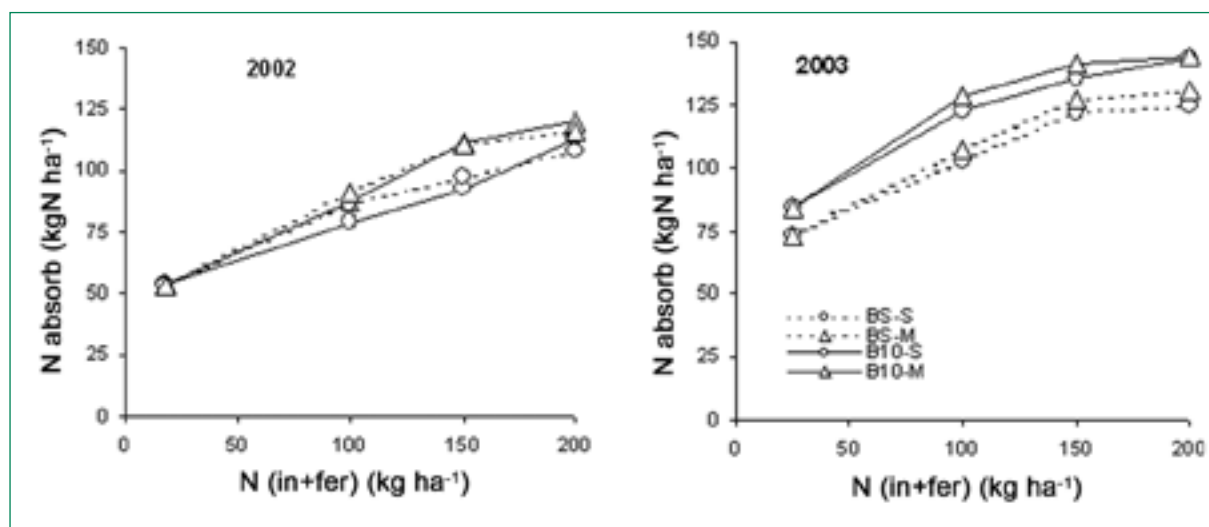


Figura 4. N absorbido en grano promedio para tres y dos localidades en 2002 y 2003, respectivamente, en función del N disponible inicial y el aporte por fertilización N (in+fer). B10 = Baguette 10, BS = Buck Sureño, M = fertilización al macollaje y S = fertilización a la siembra.

en promedio de todas las situaciones un incremento de 0,31%. En la segunda campaña, la diferencia entre variedades fue menor puesto que BS aventajó a B10 en 1,5%, mientras que entre momentos de fertilización, no se determinaron diferencias (Figura 3).

En función del rendimiento y del contenido de proteína es factible estimar la cantidad de N acumulada en grano (Figura 4). En la primer campaña, por la compensación entre ambos componentes, los promedios de las diferencias entre variedades es despreciable (0,6 kg N/ha), e indicarían que ambas variedades manifestaron similar capacidad para captar el N del suelo y que lo particionarían con distinta estrategia: B10 priorizaría el rendimiento y BS el contenido de proteína. Además, es factible concluir que la aplicación de N en macollaje permitió una mayor recuperación de N, que la aplicación a la siembra (15 kg N/ha). En la segunda campaña, B10 acumuló mas N en grano (11 y 17 kg N/ha para el testigo y el promedio de los tratamientos

fertilizados, respectivamente), lo que confirmaría que la prolongación del ciclo resultó en condiciones mas favorables para esta variedad. La diferencia en N acumulado por momento de aplicación fue muy pequeña (4 kg N/ha) y confirmaría que durante esta campaña, las pérdidas de N entre siembra y macollaje fueron de menor magnitud.

El N absorbido por el testigo de cada año, permitiría estimar el aporte por mineralización del suelo, asumiendo iguales pérdidas entre variedades. Para la primer campaña, la mineralización sería de 57 kg N/ha, para ambas variedades, mientras que para el 2003 este valor sería de 74 kg N/ha para BS y de 90 kg N/ha para B10. Estos resultados confirman las mejores condiciones de la campaña 2003 respecto a 2002 y que B10 aprovechó mejor el N mineralizado.

El incremento de rendimiento en grano por la adición de N permite estimar la EUN para las dosis y momento de aplicación del fertilizante nitrogenado

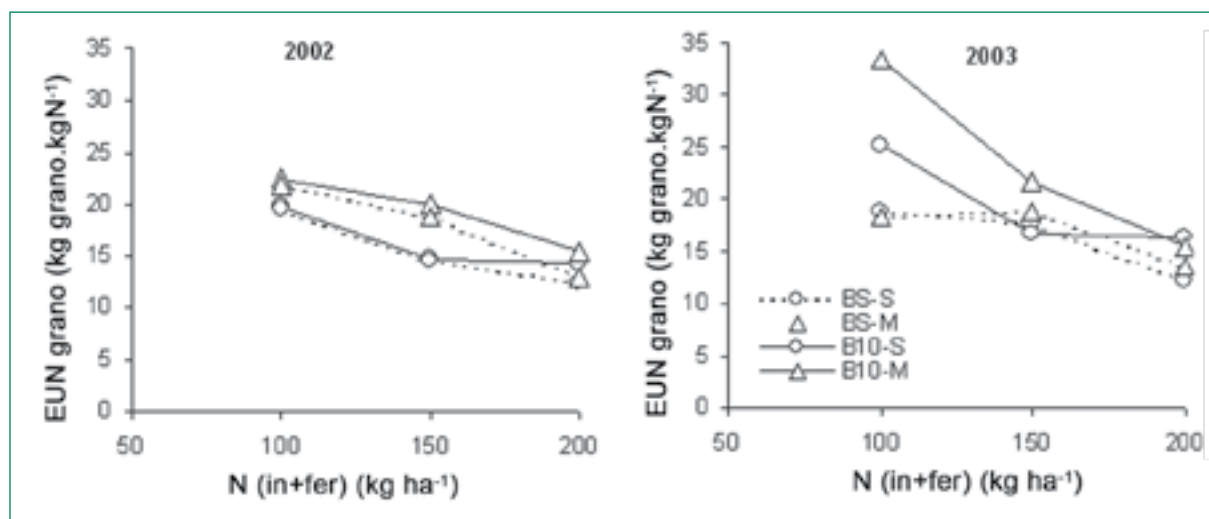


Figura 5. Eficiencia de utilización del N (EUN) del fertilizante. Kg de grano producido por kg de N aplicado promedio para tres y dos localidades en 2002 y 2003, respectivamente, en función del N disponible inicial y el aportado por fertilización N(in+fer). B10 = Baguette 10, BS = Buck Sureño, M = fertilización al macollaje y S = fertilización a la siembra.

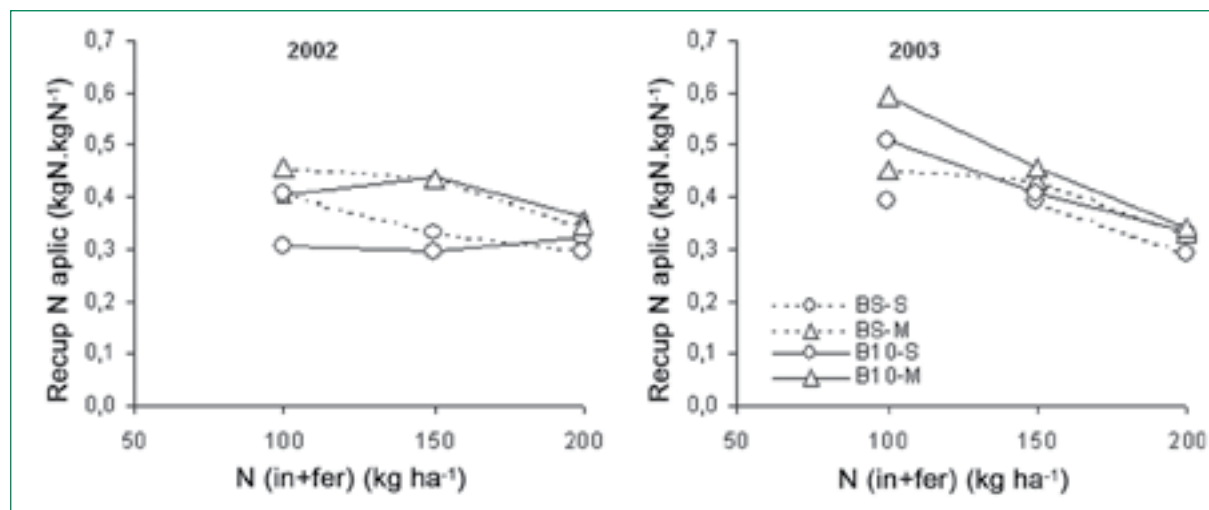


Figura 6. Recuperación del N aplicado en grano promedio para tres y dos localidades en 2002 y 2003, respectivamente, en función del N disponible inicial y el aportado por fertilización N (in+fer). B10 = Baguette 10, BS = Buck Sureño, M = fertilización al macollaje y S = fertilización a la siembra.

(Figura 5). La EUN disminuye con la dosis de N para ambas campañas, pero fue mayor en la segunda que en la primera y particularmente para B10 cuando se fertilizó al macollaje. De todos modos, es de destacar que en todas las situaciones, los valores de EUN fueron muy elevados y aun para las mayores dosis se cubrirían con creces los costos de la fertilización. Las muy favorables condiciones de estas campañas y particularmente la del 2003 justificarían estos resultados.

La recuperación en el grano del N aplicado por fertilización (Figura 6), fue 8% superior para las aplicaciones al macollaje en la primer campaña y del 5% en la segunda, respecto a las aplicaciones a la siembra. Estos resultados son otra evidencia que confirmaría la ocurrencia de mayores pérdidas de N entre siembra y macollaje en el 2002 que en el 2003. Para ambos años, las diferencias entre las variedades fueron de menor magnitud.

Métodos de diagnóstico de requerimiento de nitrógeno

Cuando se relacionó el contenido de N disponible a la siembra más el aportado por fertilización con el RR del cultivo, se observa que para la campaña 2003 a un mismo nivel de N disponible se obtiene un mayor RR en ambas variedades (Figura 7a), lo que concuerda con lo comentado respecto a las mayores pérdidas de N luego de la siembra en la campaña 2002. Cuando se relacionó el N disponible determinado al macollaje más el aportado por fertilización, las diferencias fueron menores entre años y solo B 10 en el 2003 manifestó mayor RR (Figura 7b).

La relación entre el N disponible determinado a la siembra y el RR, permitió determinar los umbrales para obtener el 95% del RR. Para la primer campaña, se determinaron umbrales de 210 y 150 kg N/ha para B10 y BS, respectivamente, mientras que para la segunda campaña los umbrales fueron de 140 y 115 kg N ha⁻¹ para B10 y BS, respectivamente (Figura 7a). El mayor

umbral para B 10 respecto a BS para ambas campañas, sería consecuencia de los mayores rendimientos logrados por aquella variedad. No obstante, las diferencias entre campañas estarían reflejando el efecto de los mecanismos de pérdida de N del sistema, ya que para un mismo nivel de RR se requieren umbrales mayores en la primer campaña (Figura 7a). El valor umbral determinado en el 2002 es similar al informado por otros investigadores (Calviño et al., 2002), efectuando el muestreo y aplicación de N a la siembra.

Para la determinación de nitratos en el suelo al estadio de macollaje, los umbrales determinados en el 2002 fueron: 150 y 130 kg N/ha para B10 y BS, respectivamente, y para el 2003 de 115 y 127,5 kg N/ha para B10 y BS, respectivamente (Figura 7b). El momento de extracción de las muestras de suelo para la determinación de los contenidos de nitratos resultó en ajustes similares en la campaña 2003 en la que las pérdidas de N fueron menores. Por el contrario, en la campaña 2002 las determinaciones a la siembra presentaron menores ajustes que las realizadas al macollaje (Figura 7b). Estos resultados permitirían concluir que la determinación del contenido de nitratos en el suelo como método de diagnóstico al macollaje sería más confiable que al momento de la siembra.

Respecto a los umbrales determinados en base a la determinación de nitratos en el suelo al macollaje, es necesario destacar que los bajos valores del 2003 serían consecuencia de las muy favorables características meteorológicas, y que no se produjeron déficits hídricos para el cultivo ni pérdidas de N del sistema, ya que las precipitaciones ocurridas no excedieron la capacidad de retención de los suelos. Por lo tanto, desde un punto de vista práctico, sería conveniente utilizar los umbrales determinados para un año de características más próximas a la mediana, respetando los requerimientos de cada variedad.

La concentración de nitratos en los seudotallos al macollaje para BS fue afectada por la dosis de N, observándose un incremento en la concentración

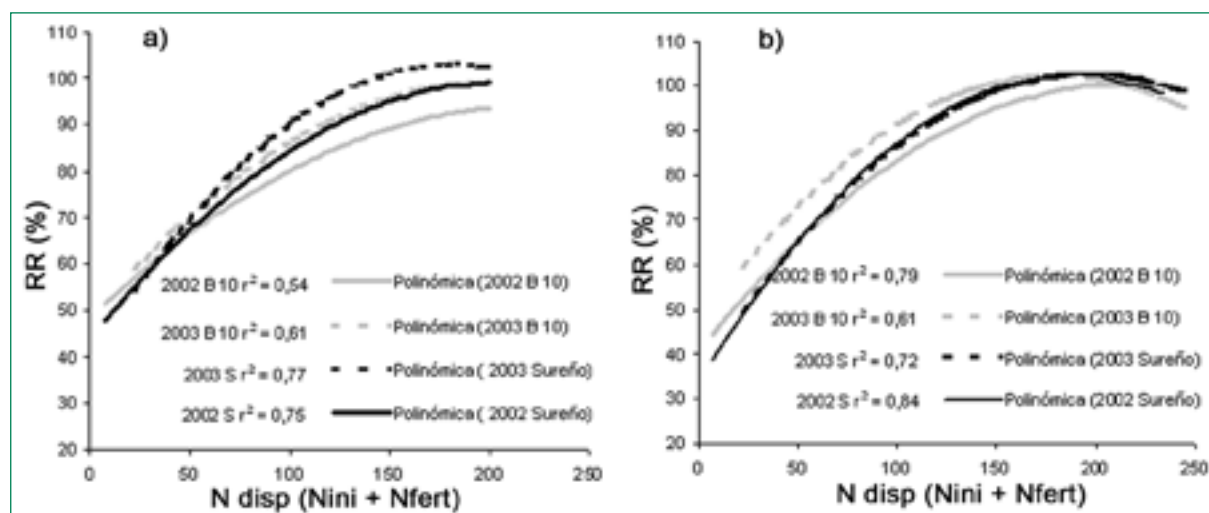


Figura 7. Relación del rendimiento relativo (RR) con el N disponible y el aportado por fertilización N (in+fer) en el suelo a la siembra (a) y al macollaje (b), en las campañas 2002 y 2003 para Baguette 10 (B 10) y B Sureño (BS).

con el aumento de la dosis de N. El contenido de nitratos en planta fue un aceptable estimador de la disponibilidad de N en suelo, dado que incrementos en el contenido de N se correspondieron con mayores concentraciones en seudotallos ($R^2 = 0,55$). Por lo tanto, esta metodología sería sensible para determinar la oferta de N para el cultivo, lo que es coincidente con lo reportado por Viglezzi et al. (1996b) y Strada et al. (2000). Esta afirmación se confirma a través de las estrechas relaciones entre el RR y la concentración de nitratos en seudotallos (Figura 8). Sin embargo, a diferencia de lo reportado por estos autores quienes establecieron que los umbrales se incrementaban con los incrementos en el rendimiento, en esta experiencia los umbrales muestran un comportamiento inverso, es decir, para la campaña 2002 en la cual se determinaron rendimientos máximos de 5300 kg/ha el umbral fue de 7,5 g N-NO₃⁻ kg⁻¹ y en la campaña 2003 cuando el rendimiento máximo fue de 6200 kg/ha, el umbral fue de 3,8 g N-NO₃⁻ kg⁻¹. Por lo tanto, si bien esta metodología es sensible para detectar disponibilidad de N durante el macollaje, la misma no sería robusta para ser empleada como metodología de diagnóstico de requerimiento de N en trigo. Esto puede ser debido a que en el estadio de doble arruga, aun no se determinan los componentes del rendimiento del cultivo y al efecto de las condiciones ambientales previo a la toma de la muestra (radiación, temperatura y humedad de suelo) sobre la concentración de nitratos en planta.

Consideraciones finales

La primer campaña agrícola (2002), se caracterizó por excesivas precipitaciones las que favorecieron las pérdidas de N por lavado, especialmente cuando se realizaron aplicaciones a la siembra del cultivo. La variedad B10, se destacó por su elevado potencial de rendimiento y pobres características respecto a la calidad de los granos. La variedad BS manifestó menores techos productivos pero con mayor contenido de proteína. No se determinaron diferencias entre las

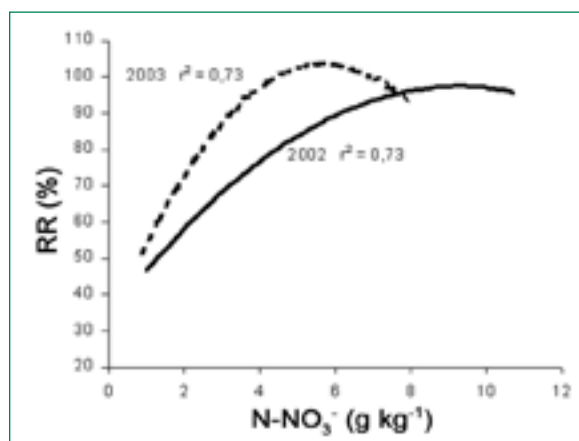


Figura 8. Relación del rendimiento relativo (RR) con la concentración de nitratos en seudotallos al macollaje, en las campañas 2002 y 2003 para B Sureño.

variedades en la capacidad para utilizar el N disponible, sino más bien con la partición del N absorbido.

En la segunda campaña (2003), no se registraron pérdidas de nitratos relevantes en el período siembra-macollaje, lo que permitió mejorar la oferta de N desde el suelo. Además, las menores temperaturas alargaron el ciclo del cultivo y permitieron captar más N por mineralización, particularmente por la variedad B 10, la que confirmó y amplió la mayor capacidad productiva respecto a BS. Esta última confirmó su mayor capacidad para acumular proteínas.

En la primer campaña se determinó que el momento de aplicación de N condicionó la disponibilidad para el cultivo, las aplicaciones de N en macollaje permitió una mayor recuperación de N en grano, que a la siembra del trigo. Esto no se produjo en la segunda campaña.

El empleo de la concentración de nitratos en el suelo determinado a la siembra o al macollaje del cultivo se relacionó con el RR y permitió determinar umbrales de respuesta a la fertilización nitrogenada que variaron en función de las características meteorológicas. El ajuste de dicha relación fue menor para el momento de la siembra. Por lo tanto, esta metodología de diagnóstico de requerimiento de N sería una herramienta menos confiable que la determinación al momento del macollaje.

La concentración de nitratos en seudotallos de trigo al estadio fenológico de doble arruga es un buen estimador de la disponibilidad de N para el cultivo, sin embargo, el uso de esta técnica como método de diagnóstico de requerimiento de N es de dudosa aplicabilidad debido a la poca consistencia de los umbrales determinados.

Bibliografía

- BARBAGELATA, P.A; PAPANOTTI O.F. y MELCHIORI R.J.M.** 2001. Efecto del momento de aplicación del nitrógeno sobre el rendimiento del trigo en siembra directa. Actas en CD del V Congreso Nacional de Trigo. Villa Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- BURNS I. G.** 1974. A model for predicting the redistribution of salt applied to fallow soils after excess rainfall or evaporation. J. Soil Sci. 25: 165-178.
- CALVIÑO P. A; ECHEVERRÍA H. E. y REDOLATTI M.** 2002. Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste Bonaerense. Ciencia del Suelo 20: 36-42.
- CALVIÑO P. A. y SADRAS V. O.** 2002. On-farm assesment of constrints to wheat in relation to different previous crops. J. Agric. Sci. Cambridge. 118: 157-163.
- CASTELLARÍN J; PEDROL H; SALVAGIOTTI F; PAPA J. C; y VERNIZZI A.** 1999. Ajuste del diagnóstico del estado nutricional del cultivo de trigo estableciendo una concentración crítica de nitratos. En: Para Mejorar la Producción. Trigo. Campaña 1999/00. EEA Oliveros INTA
- DIÁZ-ZORITA M.** 2000. Efecto de dos momentos de aplicación de urea sobre la producción de grano de

trigo en Drabble (Buenos Aires, Argentina). *Ciencia del Suelo*. 18: 125-131.

ECHEVERRÍA H. E.; STRADAR. A. y STUDDERT G. A. 2000. Métodos rápidos de análisis de plantas para evaluar la nutrición nitrogenada del cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo*. 18: 105-114.

ECHEVERRÍA, H.E. 1985. Factores que alteran la concentración de nitratos en plantas de trigo. *Ciencia del Suelo* 3: 115-123.

FALOTICO J. L.; STUDDERT G. A. y ECHEVERRÍA H. E. 1999. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional en condiciones de agricultura continua. *Ciencia del Suelo* 17: 15-27.

GONZALEZ MONTANER J. L.; MADDONI G. A. y DI NAPOLI M. R. 1997. Modeling grain yield

and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. *Field Crop Research* 51: 241-252.

IVERSEN K.V; FOX R.H. y PIEKIELEK . 1985. The relationship of nitrate concentration in young corn stalks to soil nitrogen availability and grain yields. *Agron. J.*, 77: 927-932.

STRADAR. A; ECHEVERRÍA H. E; y STUDDERT G. A. 2000. Diagnóstico de la respuesta a la fertilización nitrogenada por medio de la concentración de nitratos en seudotallos de trigo. *Ciencia del Suelo*. 18: 64-68.

VIGLEZZI A; STUDDERT G. A. y ECHEVERRÍA H. E. 1996. Nitratos en seudotallos de trigo como indicador de la disponibilidad de nitrógeno. *Ciencia del Suelo* 14: 57-62. ■

SIMPOSIO

Impacto de la Intensificación Agrícola en el Recurso Suelo

6 y 7 de Octubre – Colonia (Uruguay)

Sede:

Sala Bastión del Carmen. Rivadavia 223, Colonia, Uruguay

Objetivo:

Evaluar y comprender los principales efectos de la intensificación agrícola en el recurso natural suelo y las posibles medidas de manejo que propendan a un uso sustentable del mismo.

Organización:

Sociedad Uruguaya de la Ciencia del Suelo (SUCS)
Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS)

Programa:

- Caracterización de la intensificación
- Impactos de la agricultura y ganadería en las propiedades físicas de los suelos
- Cambios en la materia orgánica y en la biología del suelo en rotaciones agrícolas y agrícolas-ganaderas
- Panel de Políticas y Propuestas del Sector Oficial y el Sector Privado
- Nutrientes: Balance y fertilización
- Conferencia Dr. Antonio Mallarino (Iowa State University, EE.UU.)

Inscripción:

Antes del 15/9: U\$10 para socios y U\$15 para no socios, respectivamente.
Después del 15/9, U\$15 y U\$20 para socios y no socios, respectivamente.

• **Uruguay:**

Pago en ABITAB para Simposio (nombre o identificación debe acordarse con abitab) y posterior envío de Ficha de inscripción vía mail a kcabrera@le.inia.org.uy.
Mayor información en INIA La Estanzuela Ruta 50, Km. 11 Colonia
Tel.: 0574 8000, Int. 1417 x: 0574 8012 E-mail: kcabrera@le.inia.org.uy

• **Argentina:**

Pago por Giro Postal o Telegráfico, a través de Correo Argentino.
Los datos para realizar su envío son los siguientes:
DESTINATARIO: Sra Laura Pisauri - DNI: 17.278.707
DIRECCION: Av.Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina
AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
Mayor información: Dr. Gerardo Rubio - rubio@agro.uba.ar
Ing. Agr. Haydée Steinbach - steinbac@agro.uba.ar
Sra. Laura Pisauri - lpisauri@inpofofos.org - Tel 011-4798 9939

Efecto de la fertilización con potasio y cloro sobre el rendimiento y severidad de las enfermedades foliares en trigo

F. Salvagiotti¹, J. Castellarín¹, H. Pedrol¹, M. González¹ y M. Incremona²

¹ EEA Oliveros INTA y ² Cátedra Fitopatología – UNR

fsalvagiotti@correo.inta.gov.ar

El manejo de las enfermedades es estratégico para maximizar la producción del cultivo de trigo. En los sistemas productivos del sur de Santa Fe, las pérdidas de rendimiento por efecto de las enfermedades foliares pueden ser superiores a los 1000 kg ha⁻¹, dependiendo del cultivar y momento de aplicación del fungicida (Castellarín et al., 2004; Bacigaluppo et al., 2003). El control de enfermedades foliares en trigo está basado en el uso de cultivares con resistencia genética y cuando ésta no es suficiente para evitar las pérdidas económicas, la aplicación de fungicida es una medida de control rápida. Sin embargo, existen evidencias que el manejo de la nutrición mineral de los cultivos puede afectar el crecimiento y rendimiento de los cultivos afectando la resistencia o tolerancia a las enfermedades (Marschner, 1995).

Los mecanismos que determinan la resistencia a enfermedades son diferentes, y los efectos de la fertilización dependen del nutriente involucrado y del tipo de relación patógeno - hospedante. Mientras la fertilización nitrogenada ha mostrado distintos patrones de respuesta respecto a las enfermedades foliares, según tipo de cultivo y patógeno, la fertilización con otros nutrientes como cloro (Cl) o potasio (K) ha mostrado un comportamiento menos complejo (Marschner, 1995).

En región pampeana, algunas experiencias de fertilización con cloruro de potasio (KCl), y sin limitaciones de otros nutrientes, ha mostrado incrementos en la producción de materia seca en alfalfa (Conti et al., 1997) e incrementos en el rendimiento en trigo (Melgar et al. 2001; Ventimiglia et al., 2003; Díaz Zorita et al., 2004). Los contenidos de K en los suelos de la región pampeana son considerados altos (Sillanpaa, 1982; Morras y Cruzate, 2001), atribuyéndose en general la respuesta a la fertilización con KCl, al efecto del Cl sobre la supresión en la presencia de enfermedades (Xu et al., 2000; Fixen et al., 1986). Ensayos realizados en el norte de Buenos Aires por Ferraris y Couretot, (2004), para evaluar la respuesta a KCl en una red de cultivares, mostraron que la misma fue significativa solo en un cultivar, caracterizado por su alta susceptibilidad a las enfermedades foliares. Por otra parte, algunas evidencias muestran que cultivos fertilizados con K presentan una menor incidencia de enfermedades

debido a una mayor síntesis de sustancias de alto peso molecular (celulosa, lignina) (Marschner, 1995).

En consecuencia, en la respuesta del cultivo de trigo a la fertilización con estos nutrientes no sólo estarían involucrados el nivel de los mismos en el suelo, sino también la interacción con el genotipo utilizado y el grado de control de las enfermedades foliares.

Si bien en región pampeana existen evidencias que muestran la respuesta del cultivo de trigo a la fertilización con KCl, no existe información que permita observar la interacción entre cada uno de estos nutrientes, el control químico de enfermedades y el nivel de tolerancia genético a las enfermedades foliares. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la fertilización con Cl y K sobre:

- el rendimiento del cultivo de trigo y sus componentes numéricos y
- la severidad de las enfermedades foliares en trigo.

Materiales y métodos

El ensayo se instaló en un lote de producción de la EEA Oliveros del INTA sobre un suelo Argiudol Típico de la Serie Maciel, con más de 30 años de agricultura continua, antecesor soja de primera y bajo siembra directa. La siembra se realizó el 8 de julio de 2004 y los tratamientos de fertilización fueron realizados posteriormente a la siembra. Se establecieron tratamientos de fertilización con distintas combinaciones de K y Cl (Tabla 1), sobre una base de fertilización con 120 kg ha⁻¹ de N, 20 kg ha⁻¹ de P y 18 kg ha⁻¹ de S para todos los tratamientos. Para aislar el efecto del K y del Cl se utilizaron como fuente de fertilizante sulfato de K (42% K; 18% S) y cloruro de K (50% K; 46% Cl).

Los tratamientos se aplicaron en dos cultivares de

Tabla 1. Tratamientos de fertilización con cloro (Cl) y potasio (K) aplicados en cada cultivar.

Tratamiento	Nutrientes
1	K ₀ Cl ₀
2	K ₅₀ Cl ₀
3	K ₁₀₀ Cl ₀
4	K ₅₀ Cl ₄₆
5	K ₁₀₀ Cl ₉₂

trigo con diferente susceptibilidad a la roya de la hoja *Puccinia triticina* (Bainotti et al., 2003): Buck Mataco (BM – baja susceptibilidad) y Klein Don Enrique (KDE – Alta susceptibilidad). La mitad de cada parcela se mantuvo libre de enfermedades a través de la aplicación de Pyraclostrobim + Epoxiconazole con una dosis de 1 L ha⁻¹ de producto comercial. De esta manera, los tratamientos se arreglaron en un diseño de parcelas divididas, donde el cultivar fue la parcela mayor, el tratamiento fungicida la subparcela y el tratamiento fertilizante la sub-sub parcela. El tamaño de la subparcela fue de 37,5 m².

Durante el ciclo del cultivo, en encañazón, anthesis y llenado de grano, se cuantificó la presencia de enfermedades foliares en los tratamientos sin aplicación de fungicidas, a través de la evaluación visual de severidad mediante la Escala de Peterson (1948), según la cual Severidad (%) = (Área foliar afectada / área foliar evaluada) × 100.

A cosecha se tomaron tres submuestras de 0.25 m² en cada subparcela donde se determinó el rendimiento y sus componentes numéricos.

Resultados

Si bien no existen en región pampeana umbrales de disponibilidad de K en suelo relacionados con la respuesta en rendimiento a la fertilización con este nutriente, el nivel de K en el ensayo estuvo por encima de umbrales determinados en otros lugares del mundo (Mallarino et al., 2003) (Tabla 2).

Rendimiento

No se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre los cultivares KDE y BM. La fertilización

Tabla 2. Niveles de nutrientes en el suelo en los primeros veinte cm del suelo.

Materia Orgánica	Nitratos	P Bray	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺
%	mg/kg				
2.48	33	9	372	200	1175

con K y Cl aumentó el rendimiento del cultivo de trigo (P<0.01), pero el efecto fue diferente según el genotipo y control de las enfermedades foliares, encontrándose sólo en KDE incrementos en el rendimiento por efecto de la fertilización y el control químico de las enfermedades foliares (Tabla 3).

El rendimiento de KDE se incrementó entre 275 y 761 kg ha⁻¹ (P<0.01) cuando fue tratado con fungicidas, lo que pone de manifiesto la mayor susceptibilidad a las enfermedades foliares de este cultivar. Por otra parte, la fertilización con K y Cl incrementó los rendimientos entre un 15 y 16%, respectivamente, pero la magnitud de la respuesta fue diferente según si el cultivo se mantuvo libre o no de enfermedades foliares (Tabla 3).

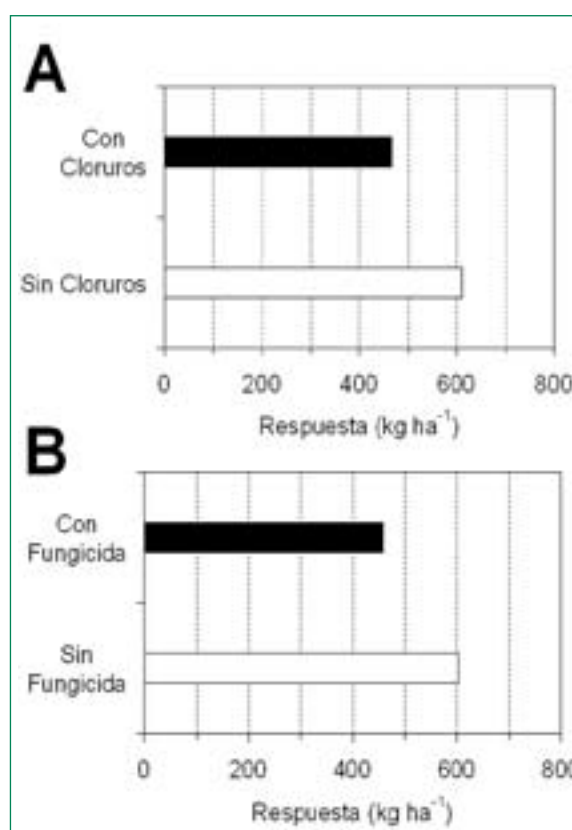


Figura 1. Respuesta en rendimiento de Klein Don Enrique (cultivar susceptible a enfermedades foliares) a la fertilización con cloruros (A) y la aplicación de fungicidas (B).

Tabla 3. Rendimiento del cultivo de trigo con distintas combinaciones de fertilización con K y Cl.

Tratamiento	Buck Mataco			Klein Don Enrique				
	Con Fungicida		Sin Fungicida	Con Fungicida		Sin Fungicida		
K ₀ Cl ₀	3624	a	3260	a	3078	d	2803	c
K ₅₀ Cl ₀	3617	a	3190	a	3724	bc	3263	b
K ₅₀ Cl ₄₆	3546	a	3474	a	4277	a	3565	ab
K ₁₀₀ Cl ₀	3534	a	3315	a	3649	c	2887	c
K ₁₀₀ Cl ₉₂	3381	a	3420	a	4012	ab	3793	a

Letras iguales dentro de cada nivel de fungicida en cada cultivar no difieren estadísticamente según el test LSD al 5%.

Cuando las enfermedades foliares fueron controladas químicamente, la fertilización con K incrementó el rendimiento del cultivo en un 20% mientras que con Cl la respuesta fue del orden del 12%, mientras que sin control de enfermedades, el incremento de rendimiento por el agregado de K y Cl fue de un 10 % y 20 %, respectivamente.

Si se tiene en cuenta que la fertilización con cloruros puede revertir el efecto negativo de las enfermedades foliares sobre el rendimiento, este trabajo muestra que en los tratamientos sin cloruros el rendimiento aumentó en un 20% por efecto del control con fungicidas, incremento similar al obtenido cuando se fertilizó con cloruros en ausencia de control químico (Tabla 3, Figura 1). Aún cuando esta respuesta fue similar, el mayor rendimiento promedio se alcanzó cuando se combinó el control químico de las enfermedades con la fertilización de ambos nutrientes (Tabla 3).

Severidad de las enfermedades foliares

En general, la severidad de las enfermedades foliares aumentó al avanzar el ciclo del cultivo, calificada como baja en encañazón a moderada alta según cultivar a partir de antesis. KDE presentó una severidad 5 veces mayor a la observada en BM (Figura 2). A pesar de las diferencias observadas en el rendimiento en los diferentes tratamientos de fertilización, la evaluación visual de severidad no tuvo relación con las mismas.

Discusión

Existe relación entre la fertilización con Cl y su efecto sobre las enfermedades foliares (Fixen et al., 1986). En Oliveros en un ensayo previo evaluando niveles de KCl se obtuvo de 250 kg ha⁻¹ (J. Castellarín, comunicación personal). Los incrementos en rendimiento por efecto de los cloruros en nuestro trabajo

fueron similares a los obtenidos por Díaz Zorita et al. (2004) en el oeste de Buenos Aires e inferiores a los obtenidos por Ventimiglia et al. (2003), en suelos Hapludoles de textura mas liviana de la región del centro de provincia de Buenos Aires. En Argiudoles típicos, Ferraris y Couretot (2004) observaron respuesta a la fertilización con KCl similares en términos relativos y absolutos a los obtenidos en nuestro ensayo. En todos los casos mencionados, la mayor respuesta a la fertilización con Cl, como lo observado en nuestro trabajo, se obtuvo cuando se evaluaron cultivares susceptibles a las enfermedades foliares.

La respuesta a la fertilización de los cultivos esta en relación a la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Sin embargo, la función de ciertos nutrientes en la fisiología del cultivo puede determinar respuesta en el rendimiento a pesar de contar con niveles adecuados en el suelo. De lo observado en nuestros ensayos, se desprende que la respuesta a la fertilización con cloruros estuvo estrechamente ligada a la susceptibilidad del genotipo a las enfermedades foliares, ya que los tratamientos con aplicación de fungicidas y/o fertilización con cloruros sólo tuvo efecto en aquella situación donde la interacción hospedante - enfermedad - ambiente fue favorable para la expresión de la enfermedad.

La respuesta obtenida en rendimiento no se relacionó con el porcentaje de severidad de las enfermedades foliares observadas en el cultivo. Es probable que dicha determinación sea suficiente para diferenciar comportamiento entre genotipos, pero no lo sea para detectar diferencias entre los tratamientos de fertilización con Cl y K. Díaz Zorita et al. (2004) tampoco encontraron diferencias en la observación visual de enfermedades foliares en relación a la respuesta en rendimiento a la aplicación de cloruros.

La fertilización con fuentes que contienen en su formulación cloruros surge como una alternativa de

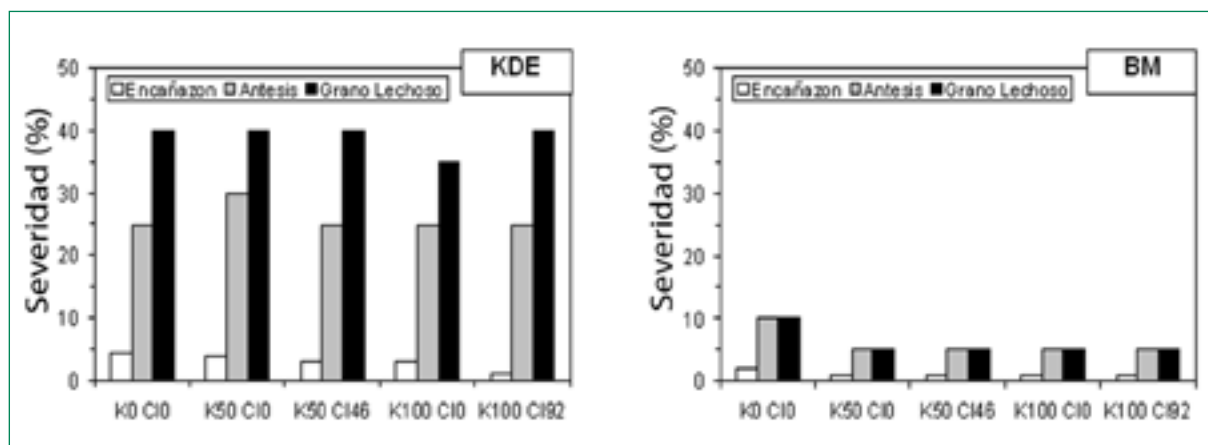


Figura 2. Severidad de enfermedades foliares en dos cultivares de trigo, KDE Klein Don Enrique y BM Buck Mataco, fertilizados con diferentes niveles de cloro y potasio en tres momentos del ciclo del cultivo.

manejo promisorio y complementaria en el control de enfermedades en cultivares de trigo que presentan alto potencial de rendimiento y son susceptibles a las enfermedades foliares.

Bibliografía

Bacigaluppo D, Capurro J, Castellarín J, Damen D, Felizia JC, Ferrero I, Gentile O, Leguizamón S, Mai A, Malmantile A, Monti J, Pedrol H, Prieto G, Rivas Fanconi C, Rosso O, Salvagiotti F y Trentino N. 2004. Comportamiento de cultivares de trigo pan en diferentes ambientes del sur de Santa Fe. Campaña 2003/04. Para mejorar la producción 25 – EEA INTA Oliveros.

Bainotti C, Frascina J, Salines J, Formica M, Galich M de, Nisi J, Galich A, Cuniberti M, Ghiza Daza C y Alberione E. 2003. Evaluación de cultivares de trigo con control químico de enfermedades foliares. EEA INTA Marcos Juárez – Año 2002. Información para Extensión n° 79 – INTA Marcos Juárez.

Castellarín JM, González M, Pedrol HM, Salvagiotti F y Rosso O. 2004. Control de enfermedades foliares en trigo según tipo de molécula fungicida y momento de aplicación. Para mejorar la producción 25 – EEA INTA Oliveros.

Conti, ME, De la Horra, AM, Arrigo, NM y Marchi A. 1997. Fertilización e interacción potasio-fósforo sobre el rendimiento de alfalfa en un Haplustol típico (Zona semiárida, Argentina). Ciencia del Suelo, 15: 51-52.

Diaz Zorita M, Duarte GA y Barraco M. 2004. Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity in the sandy pampas region, Argentina. *Agronomy Journal*, 96:839-844.

Ferraris G y Couretot L. 2004. Estudio de la interacción entre variedades y prácticas de manejo de enfermedades. Campaña 2002/03. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 22: 8-11. INPOFOS.

Fixen PE, Gelderman RH, Gerwing JR y Cholick FA. 1986. Response of spring wheat, barley and oats to chloride in potassium chloride fertilizers. *Agronomy Journal* 78: 664-668.

Mallarino AP, Wiltry DJ y Barbagelata PA. 2003. New soil test interpretation classes for potassium. *Better Crops*, 87 (4) : 12-14

Marschner H . 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Harcourt Brace & Company Publishers.

Melgar, R, Magen, H, Camozzi, ME y Lavandera J. 2001. Respuesta del trigo a la aplicación de cloruro de potasio en molisoles con alto contenido de potasio. Actas I Simposio El potasio en los sistemas agrícolas argentinos - FAUBA-IPI-Fertilizar INTA.

Morras HJM y Cruzate G. 2001. Origen y distribución del potasio en suelos de la región chaco-pampeana. Actas I Simposio El potasio en los sistemas agrícolas argentinos - FAUBA-IPI-Fertilizar INTA.

Peterson R, Campbell F y Hanna A. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stem of cereals. *Canadian Journal Research* 26: 496 – 500.

Sillanpaa M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of the soils: A global study. FAO. Rome.

Ventimiglia LA, Rillo, SN, Carta HG y Richmond PF. 2003. Evaluación de la fertilización con Cl y potasio sobre el rendimiento de trigo en 9 de Julio. Experimentación en campo de productores – Resultados campaña 2002/03 – Centro Regional Buenos Aires Norte – INTA.

Xu G, Magen H, Trachitzky J y Kafkafi U. 2000. Advances in chloride nutrition of plants. *Advances in Agronomy*, 68: 98-150. ■

Fertilización en plantines de Pino Ponderosa. Respuesta en plantación

Teresa Schinelli Casares

*Campo Experimental Trevelin, EEA INTA Esquel, Chubut
tschinelli@correo.inta.gov.ar*

Introducción

En el ciclo productivo de plantines de pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) en vivero, la demanda de elementos nutritivos es alta, ya que las plantas se cultivan en un mismo cantero durante dos años y luego se extrae el plantín completo, con lo cual existe una importante exportación de nutrientes con cada lote de producción (Tejera, 1999). Por otra parte, los requerimientos nutritivos de los plantines son muy diferentes según la etapa de crecimiento del cultivo (Landis y Fischer, 1995).

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se ensayaron tres programas de fertilización en el Campo Experimental Travelín de INTA, que contemplaban las diferentes etapas del cultivo de plantines de Pino ponderosa; a saber: i) etapa de enraizamiento con un mayor consumo de fósforo (P) por la planta, ii) etapa de crecimiento en altura con aumentos en el consumo de nitrógeno (N) y potasio (K) y iii) etapa de rustificación cuando vuelve a aumentar el consumo de P y K, pero se disminuye el aporte de N para detener el crecimiento de la parte aérea de la planta. En la etapa de vivero de este ensayo, se encontraron diferencias significativas de crecimiento en altura, diámetro de cuello y desarrollo de raíces laterales, a favor de la fertilización por etapas, respecto de una sola fertilización básica inicial (Schinelli Casares, 2002).

En base a estos resultados, se decidió evaluar la respuesta en plantación en cuanto a prendimiento y crecimiento inicial en plantines de pino ponderosa que recibieron diferentes tratamientos de fertilización en vivero, con la hipótesis que un plantín mejor nutrido durante su etapa en vivero tendrá mayores reservas para su establecimiento en el lugar de plantación definitivo.

Materiales y métodos

El ensayo de plantación se estableció en el Campo Experimental Travelín de INTA, en un sitio con suelo homogéneo, franco. El diseño del ensayo fue de par-

celas al azar con tres repeticiones y con protección contra liebres.

Las plantas a evaluar en plantación recibieron los siguientes tratamientos en vivero:

T1: Fertilización básica (15-15-15)

T2: Fertilización inicial con 10-45-16 más micronutrientes a razón de 50 g/m² presiembra. A los 45 días de la emergencia, fertilización semanal con 18-7-17 a razón de 0,5 g/litro, hasta un mes antes de finalizar la temporada de crecimiento en que comienza a aplicarse semanalmente 18-20-18 a razón de 1 g/litro, hasta un mes después de realizarse la poda radical. En la segunda temporada de crecimiento, una aplicación semanal de 18-7-17 a razón de 0,5 g/litro hasta que las plantas alcancen el 80% de la altura esperada en que se aplica cada 5 días 4-27-37 a razón de 1g/litro.

T3: Fertilización inicial con 10-45-16 más micronutrientes a razón de 30 g/m² en pre-siembra. A los 20 días de la emergencia, fertilización semanal con 18-7-17 a razón de 0,5 g/litro, hasta un mes antes de finalizar la temporada de crecimiento en que comienza a aplicarse semanalmente 18-7-27 a razón de 1 g/litro. Inmediatamente después de realizarse la poda radical, fertilización semanal con 10-46-16 a razón de 0,5g/litro durante un mes. En la segunda temporada de crecimiento, una aplicación semanal de 18-7-17 a razón de 0,5 g/litro hasta que las plantas alcancen el 80% de la altura esperada en que se aplica cada 5 días 4-27-37 a razón de 1g/litro.

T4: Ídem T2, con el agregado de dos aplicaciones de azufre elemental a razón de 3 g/m², durante la primera temporada de crecimiento en el período de crecimiento en altura con una diferencia de 40 días entre aplicaciones.

Los fertilizantes solubles se calcularon en base a una lámina de agua de reposición de 3 mm. Las can-

Tabla 1. Nutrientes aplicados (kg/ha) durante el ensayo de fertilización en vivero.

Tratamiento	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre
1	45	45	45	
2	234.5	419.5	376.2	
3	201.6	318.5	342.5	
4	234.5	419.5	376.2	30

tidades netas de nutrientes aplicados se detallan en la Tabla 1.

Resultados

A) Previo a la plantación del ensayo

Antes de realizarse la plantación del ensayo se extrajeron muestras de plantas de todos los tratamientos y se evaluaron los siguientes parámetros:

Concentración de nutrientes en hojas

Se realizó un análisis foliar de las plantas con los tratamientos para evaluar si había diferencias en cuanto a su composición mineral de acuerdo a la fertilización recibida en la etapa de vivero. Los análisis se llevaron a cabo en laboratorios de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas en concentración de nutrientes en hoja entre los tratamientos evaluados. En la Tabla 2, se presentan los valores máximos y mínimos obtenidos, los cuales están dentro de rangos aceptables.

Desarrollo de raíces laterales

Se realizó un muestreo de raíces laterales utilizando plantas de las parcelas de vivero. De cada tratamiento, se tomaron al azar tres repeticiones de diez plantas se las dejó en agua 24 hs para lograr desprender los restos de suelo adheridos. Luego se extrajeron de cada planta las raíces laterales o secundarias (es decir se cortaron todas las que salían de la raíz principal), y esta última se descartó con el resto de la planta. Las raíces

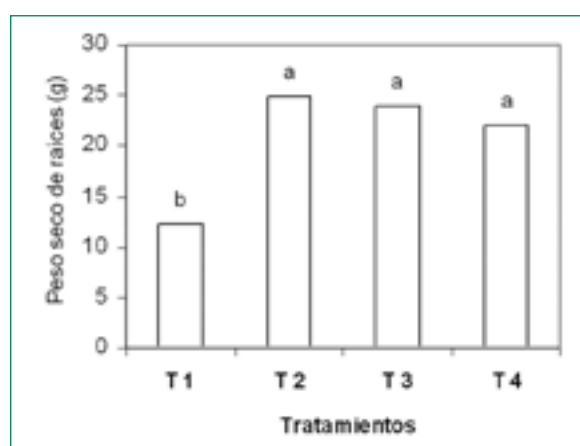


Figura 1. Peso seco de raíces secundarias para los diferentes tratamientos evaluados.

obtenidas se secaron durante 72 hs, a 60 °C. Luego se pesaron las muestras para obtener así una medida de la densidad de raíces secundarias desarrolladas en cada tratamiento.

En la Figura 1 se observa el promedio de las tres repeticiones para cada tratamiento.

Caracterización morfológica de las plantas

A fin de caracterizar el tipo de planta usado para cada uno de los tratamientos de plantación se presenta el resultado obtenido en el ensayo de fertilización en vivero (Figura 2).

B) Medición del ensayo a campo

Se registró prendimiento en plantación a campo y crecimiento inicial al finalizar la primera temporada de crecimiento. Para el crecimiento inicial, se midió la elongación de la yema apical y el incremento en porcentaje del diámetro de cuello. Los resultados se evaluaron mediante análisis de la varianza.

La fertilización por etapas (T2, T3 y T4), presentó diferencias significativas en crecimiento en altura (Figura 3) y en diámetro (Figura 4), con respecto a la fertilización básica (T1). A pesar de que se aplicaron diferentes cantidades nutrientes, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados por etapas (Fig 3 y 4).

Con respecto al prendimiento, solo se registraron fallas en el tratamiento testigo sin fertilización. Es decir, que la aplicación de fertilizantes en la etapa de vivero favoreció también la supervivencia a campo.

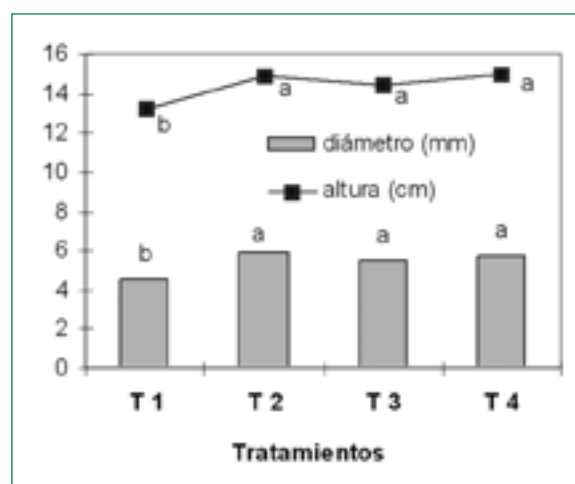


Figura 2. Caracterización de las plantas en vivero de acuerdo al diámetro (mm) y a la altura (cm), para los diferentes tratamientos evaluados.

Tabla 2. Concentración mínima y máxima de nutrientes (%) en hoja en los tratamientos evaluados.

Concentración	N	P	K	Ca	Mg	S
Min.	0.9	0.09	0.6	0.28	0.07	0.07
Máx.	1	0.1	0.7	0.31	0.08	0.1

Conclusiones

- Las plantas fertilizadas durante su etapa de vivero presentan un mejor tamaño final para ser llevadas a plantación.
- Las plantas fertilizadas en vivero desarrollan sistemas radicales más fibrosos que aumentan sus posibilidades de un buen desarrollo a campo.
- Es recomendable que las fertilizaciones durante el cultivo en vivero se realicen con criterios según "Etapa de desarrollo".
- La mejor nutrición durante el cultivo resulta en una mejor performance del plantín a campo, tanto en lo que se refiere a prendimiento como a crecimiento inicial.

Sugerencias

La tecnología de fertilización utilizada en los plantines de este ensayo resulta complicada para aquellos viveros que no cuentan con un sistema de fertirriego. Es posible realizar un programa de fertilización que este en función de las diferentes etapas de crecimiento aplicando productos granulados, en lugar de los solubles. Esto permite la "diferenciación" en cuanto a la dieta de los plantines según su estadio de desarrollo y a su vez resulta operativo en cuanto a la tecnología necesaria para aplicarlos.

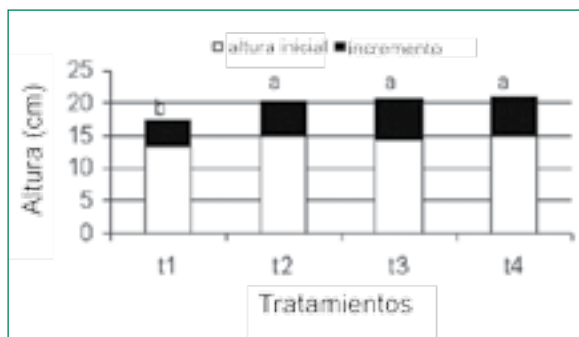


Figura 3. Crecimiento en altura para los distintos tratamientos evaluados.

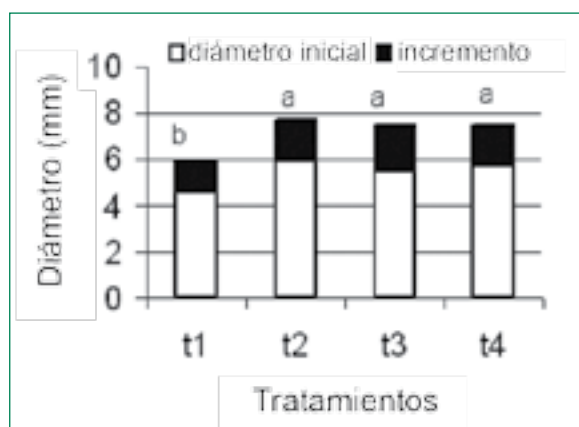


Figura 4. Incremento en diámetro de cuello para los distintos tratamientos evaluados.

En el mismo vivero se han realizado aplicaciones de productos granulados de diferentes formulaciones de acuerdo a las etapas de la planta con resultados muy satisfactorios en cuanto a crecimiento. Por ejemplo, para la etapa de rustificación, se aplicó una única dosis en el mes de abril, de un granulado 4-10-22 con S, Mg y Ca, en una dosis de 25 g/m².

Bibliografía

- Amico, I.** 1997. Informe final de Beca de Iniciación: Técnicas culturales tendientes a mejorar la calidad de los plantines de Pinus ponderosa y Pseudotsuga menziesii. EEA INTA Esquel. Pg. 35-37.
- Landis, T.D. y Fischer, J. W.** 1995. How to determine fertilizer rates and application timing in Bareroot Forest Nurseries. Intermountain Nurseryman's Meeting, August 1995. Ft. Collins. Pg 13-15.
- Schinelli Casares, T.** 2002. Ensayo de fertilización en plantines de Pinus ponderosa a raíz desnuda. Carpeta de Información Técnica EEA INTA Esquel. Pg 9-12.
- Sloan, J.** 1994. Nursery Regimes affect seedling size and out planting performance of 1:0 Ponderosa pine. National proceeding: Forest and Conservation Nursery Associations. US Forest Service. Pg. 169-179.
- Tejera, L.** 1999. Diagnóstico nutritivo de un vivero de Pinus ponderosa. Programa de Magister en Ciencias mención Silvicultura – Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.

Evolución espacial y temporal de potasio en 30 años de agricultura continua en el noreste de la pampa ondulada

Beatriz Losinno y Marta E. Conti

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía
Av. San Martín 4453. Buenos Aires, Argentina
bnlosinno@fibertel.com.ar

Introducción

El potasio (K) es uno de los "nutrientes esenciales", cumpliendo en las plantas dos acciones principales. Una de ellas es la de ser un elemento irremplazable en procesos metabólicos que incluyen la síntesis de las proteínas y la traslocación de productos de la fotosíntesis. La otra acción, es la de ser el principal ejecutor de la presión osmótica, causa fundamental del mantenimiento de la turgencia celular vegetal. Esta segunda acción explica la gran cantidad de K que necesitan los cultivos (Conti, 2000). En suelos pampeanos, su contenido es usualmente adecuado a la cantidad que necesitan las cosechas durante el ciclo de crecimiento, sin embargo, esta cantidad es solo una pequeña parte disponible para las plantas, y depende estrechamente de la facilidad de reposición de las formas minerales más complejas. Consecuentemente, la relación: K disponible/K mineral, y su dinámica es el punto de mayor significancia en las investigaciones de fertilidad de suelo.

Dependiendo del grado de saturación o de agotamiento de K, de los minerales, cambia la velocidad de liberación de K hacia la solución del suelo, de forma rápida a lenta. En caso de que la reposición resulte lenta, no se produce la necesaria adecuación a la necesidad de las plantas.

Nuestra realidad inmediata nos muestra que dada la intensa actividad agrícola que se ha desarrollado en los últimos años en la zona de estudio, noreste de la provincia de Buenos Aires, Pergamino-Arrecifes (Fig.1), conjuntamente con la falta de reposición y la

exportación continua de las cosechas, se ha producido un descenso continuo del contenido de K en el suelo, llegando en algunos casos a acercarse a los límites críticos incompatibles con la alta demanda.

En este trabajo se analiza la evolución espacial y temporal del contenido de K en los últimos 30 años de agricultura continua en la región NE de la provincia de Buenos Aires.

Materiales y métodos

El estudio abarcó los suelos, Argiudoles típicos, representados por las principales series: Pergamino, Las Gamas, Arroyo Dulce, Arrecifes y Rojas. Estas series son las más productivas de la región de la pampa ondulada.

Se realizó primeramente un análisis clásico, calculando los valores medios de K, agrupando las muestras según la serie de suelos a la que pertenecen.

Se tomaron 49 muestras de la capa arable (0 - 20 cm), formadas por tres submuestras que analizaron en el Laboratorio de Suelos (FAUBA), con el método de acetato de amonio IN pH 7 para determinar el K intercambiable. Después se profundizó el análisis, aplicando el método geoestadístico (Webster, 1985, Losinno et al., 2004), para poder determinar su correlación espacial y el rango de dicha correlación. Con esta información se elaboró un esquema de distribución de los valores del K extractable, con el método de Kriging, para obtener isóneas de dicha variable en la zona.

Resultados y comentarios

El valor medio de K extractable de la región estudiada fue de $1.46 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$, superior al nivel crítico de $0.4 - 0.6 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ reportado en la literatura.

La distribución presentó una marcada tendencia decreciente, en la dirección Oeste-Este, con un mínimo de $1.0 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ al SE (serie Arrecifes) y un máximo, $1.8 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ al Oeste (centrado en serie Rojas, Mariano Alfonso).

El análisis geoestadístico realizado determinó que el K extractable presentó una correspondencia espacial muy fuerte, cuyo rango fue determinado en 42 km, sin valores anómalos (Fig. 2). Esto significa que el K extractable posee una fuerte homogeneidad espacial con cambios topográficos muy suaves en todo el área. Este gradiente se hace menor entre las series Pergamino y Arrecifes donde sus valores se mantienen homogéneamente entre 1.1 y $1.3 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ en toda el área y las



Figura 1. Zona de estudio y ubicación de las muestras de suelos agrupadas según la serie de suelo a la que pertenecen.

isolíneas de K presentan un máximo (2,1 cmol₍₊₎ kg⁻¹) al Oeste de Pergamino, mostrando una disminución hacia el Este, con un mínimo cerca de Arrecifes (1,0 cmol₍₊₎ kg⁻¹) (Fig. 3).

Para determinar la variación temporal, los valores de cada serie fueron comparados con los datos experimentales obtenidos de las Cartas de Suelos (INTA, 1972). De la misma, se puede observar una clara disminución en la dotación de K extractable actual. Los datos por series de suelos (Tabla 1), muestran que Arrecifes fue la que sufrió una mayor disminución, reflejada en una pérdida del 46% de su K extractable o útil. Las series Arroyo Dulce, Las Gamas y Rojas le siguieron, con disminuciones del 44%, 38% y 30% respectivamente, mientras que la serie Pergamino no experimentó comparativamente una disminución importante, menor al 10%. Su valor de partida, 1,6 cmol₍₊₎ kg⁻¹, es significativamente menor al resto; con valores de 2,1, 2,3, 2,3 y 2,6 cmol₍₊₎ kg⁻¹ (Tabla 1). A diferencia de las demás estudiadas, la estrecha relación temporal de los valores de K de la serie Pergamino esta determinada por una posición de menor disponibilidad de las formas de reserva iniciales, que causarían una renovación mas lenta que el resto de las series del K extractable original.

Comentarios finales

La actividad agrícola en los últimos 30 años ha originado en la zona NE de la provincia de Bs. As (Pergamino/Arrecifes), un fuerte descenso en la concentración de K extractable que aún no se ha manifestado en una notoria deficiencia en el nivel crítico para los cultivos.

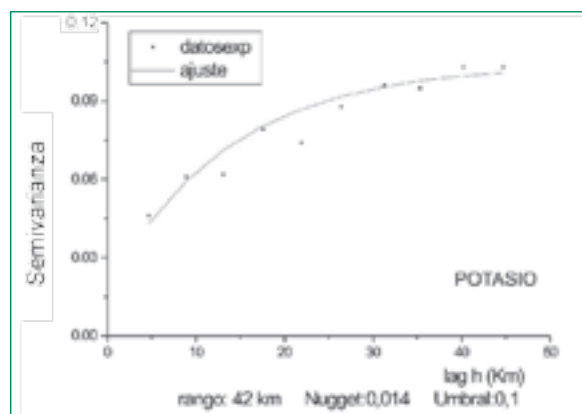


Figura 2. Semivariograma de potasio mostrando la correlación espacial, señalando una distancia máxima de correlación de 42 Km.

Sin embargo, de acuerdo a las características naturales del ciclo, la sensibilidad y velocidad de cambio de K en sistemas agrícolas hacen que su agotamiento no se manifieste hasta llegar a valores mínimos muy extremos. Es debido a esta característica que se hace necesario prestar máxima atención al continuo decrecimiento de su contenido en los suelos, procediendo si fuera necesario, al mantenimiento de niveles críticos sustentables acordes a la producción de altos rendimientos propias de la región.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto UBACyT, TG 57.

Bibliografía citada

Conti M. E. 2000. Potasio en el suelo. Principio de Edafología con énfasis en suelos argentinos. En Conti M. (Ed). Editorial Facultad de Agronomía. Distribución Orientación Gráfica Editora S.R.L.

Conti M. E., A.M. de la Horra, M.G. González, N. Arrigo, y F. García. 2001. Monitoreo de los cambios en la fertilidad potásica de hapludoles típicos de la región pampeana fertilizados para agricultura de alto rendimiento. Actas 1er. Simposio "El Potasio en Sistemas Agrícolas Argentinos". Pp. 53-56. FAUBA INTA -Fertilizar.

INTA. 1972. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja Pergamino, 3360-32 INTA, 106p.

Losinno B N., Sainato C. M. y Giuffré L. 2004. Variabilidad espacial de las propiedades del suelo en la zona de Pergamino-Arrecifes. Riesgos de salinización y sodificación por aplicación de riego complementario. En Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Paraná, Entre Ríos.

Webster, R. 1985. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: Springer-Verlag (Eds), Advances in Soil Science, Vol. 3. New York Inc.

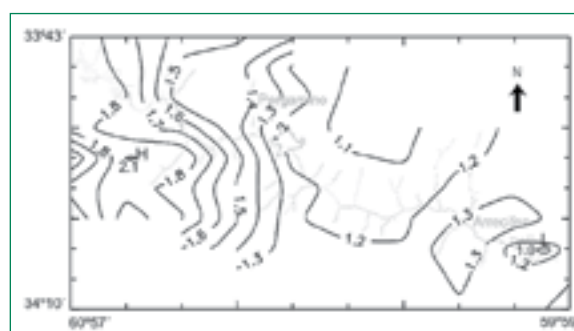


Figura 3. Isolíneas del contenido de K para la zona bajo estudio.

Tabla 1. Valores de potasio extractable de datos experimentales y de la Carta de Suelos, y porcentaje de variación correspondiente a cada serie de suelo.

Series de suelos	Carta de suelos	Actual valor medio	Variación en porcentaje
	meq/100g		
Arroyo Dulce	2,1	1,18	44%
Arrecifes	2,3	1,24	46%
Pergamino	1,6	1,48	7,5%
Rojas	2,3	1,6	30%
Las Gamas	2,6	1,6	38%