

Informaciones Agronómicas

del Cono Sur



Instituto de la Potasa y el Fósforo

Potash & Phosphate Institute

Potash & Phosphate Institute of Canada

En este número:

Producción sustentable de trigo en Norteamérica

Fertilización y encalado de arroz en Brasil

La nutrición de los cultivos y los suelos

Trigo inoculado con *Azospirillum brasilense*

Verdeos en la región semiárida pampeana

Trigo: N y S en el sur y sudoeste bonaerense

Intensidad de cultivo, rotaciones y tecnología de fertilización para la producción sustentable de trigo Una experiencia norteamericana

Presentado en el 7º. Congreso Internacional de Trigo. Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina).
27 Noviembre-2 Diciembre 2005.

Terry L. Roberts¹ y Adrian M. Johnston²

¹ Presidente Potash & Phosphate Institute y ² Presidente Potash & Phosphate Institute of Canada
troberts@ppi-ppic.org

Introducción

Norteamérica lidera la producción mundial de cultivos bajo siembra directa (SD). Actualmente, el área bajo SD es de 25 millones de ha en EE.UU. y de 13 millones de ha en Canadá, el 41% del total de las 95 millones de ha bajo SD en el mundo (Tabla 1). A su vez, Norteamérica es una de los mayores productores y exportadores de trigo en el mundo (FAO, 2005). Los Estados Unidos es el tercer mayor productor y el líder en exportaciones, con una producción anual promedio de 60 millones de toneladas (t), exportando unas 30 millones de t. Canadá es el sexto productor de trigo del mundo, con una producción anual promedio de 26 millones de t, y el tercero en exportación con, al menos, 18 millones de t.

La región norte de las Grandes Planicies norteamericanas tiene un área total de 125 millones de ha, con al menos 52 millones de ha en producción de

cultivos (Padbury et al., 2002). El trigo es el cultivo dominante, seguido por la cebada y la avena, dentro de los cereales. El cultivo de maíz domina únicamente



Cultivos de trigo de altos rendimientos requieren un manejo adecuado de rotaciones, siembra directa y nutrición



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.

Contenido:

Intensidad de cultivo, rotaciones y tecnología de fertilización para la producción sustentable de trigo. Una experiencia norteamericana	1
Nuevas recomendaciones de fertilización y enclado en el cultivo de arroz bajo riego en Rio Grande do Sul, Brasil	10
La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos	13
Rendimiento de cultivos de trigo en la región pampeana inoculados con <i>Azospirillum brasilense</i>	17
Verdeos de invierno: Requerimientos de agua y nutrientes y experiencias de fertilización en la región semiárida pampeana	20
Trigo: Fertilización con nitrógeno y azufre en el sur y sudoeste bonaerense	23
Congresos, Cursos y Simposios	25
Publicaciones de Inpofos	26

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

El Dr. Terry Roberts es el nuevo Presidente de Potash and Phosphate Institute (PPI)

El Dr. Terry L. Roberts asumió el cargo de Presidente del Potash and Phosphate Institute (PPI) a partir del 1 de enero de 2006. El Dr. Roberts será el sexto Presidente en los 70 años de vida del instituto.



El Dr. Roberts ha sido VicePresidente Senior del Instituto hasta el 31 de Diciembre pasado, coordinando los Programas Internacionales y el área de Servicios a Miembros y Comunicaciones. Nativo de Alberta, Canadá, el Dr. Roberts desarrolló su carrera en el negocio familiar de fertilizantes. Recibió su grado de B.S.A. en Agronomía en 1981 y el Ph.D. en Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas en 1985, en la Universidad de Saskatchewan. Se incorporó a PPI/PPIC en 1989 como Director de la Región Oeste de Canadá. En Junio de 1999, fue transferido a las oficinas centrales de PPI en Norcross, Georgia, y nombrado Presidente of FAR. Al mismo tiempo, fue designado VicePresidente de PPIC para Latinoamérica coordinando los programas del Instituto en Brasil, Norte de Latinoamérica, y el Cono Sur. En Febrero de 2002, fue designado VicePresidente para Comunicación y Servicios a Miembros. En Noviembre de 2004, el Dr. Roberts fue elegido VicePresidente Senior de PPIC, y en Enero de 2005 Senior VicePresidente, PPI, y Coordinador de Programas Internacionales.

El Dr. Roberts es un efectivo comunicador y respetado disertante y escritor a nivel internacional. Ha presentado más de 300 conferencias, seminarios, y simposios alrededor del mundo y escrito más de 160 trabajos con referato y de divulgación. Es Fellow de la American Society of Agronomy.

El Dr. Roberts ha visitado en numerosas ocasiones la región del Cono Sur, presentando conferencias y aportando su conocimiento y experiencia a los programas de investigación y educación, e interactuando con agrónomos y productores de la región.

Recientemente el Dr. Roberts presentó la conferencia "Intensidad de laboreo, rotaciones, y tecnología de fertilización para la producción sustentable de trigo: La experiencia de Norte América" en el 7o. Congreso Internacional de Trigo realizado en Mar del Plata entre el 27 de Noviembre y 2 de Diciembre de 2005. Este trabajo es presentado en el presente artículo. ■

en las regiones del sur, donde las condiciones climáticas permiten su producción. La canola es la principal oleaginosa en la región, cultivada principalmente en las Praderas Canadienses. Los cultivos de legumbres, como la arveja y lentejas, están creciendo como alternativa de diversificación, pero aún representan una pequeña proporción de todos los cultivos.

Las condiciones ambientales al norte de las Grandes Planicies, suelen describirse como severas, con inviernos fríos y veranos cálidos. Sin embargo, la principal limitante para la producción es la cantidad y distribución de las precipitaciones. Las precipitaciones anuales varían mayormente entre 300 y 500 mm, con 165 a 300 mm durante la estación de crecimiento de Abril-Julio (Padbury et al., 2002). El periodo libre de heladas varía entre 83 y 157 días, representando la principal diversidad para la producción potencial de cultivos. Los suelos permanecen congelados durante 4 a 6 meses al año, minimizándose la actividad biológica, la liberación de nutrientes y la descomposición de los residuos.

Los productores de las Praderas Canadienses y región norte de las Grandes Planicies fueron pioneros en la producción de trigo bajo sistemas de labranza reducida comenzando sus experimentaciones con SD a principios de los '70. Hoy en día, la labranza cero o SD es usada por un tercio de los productores trigueros en EE.UU. y en, al menos, la mitad del área triguera en

Canadá. La mayoría de los productores trigueros que usan SD tienden a diversificar la rotación de cultivos para maximizar la eficiencia de producción.

El control de la erosión es una de las principales fuerzas impulsoras en la adopción de la SD en muchas partes del mundo. Si bien el control de la erosión es además importante en la región triguera norte de Grandes Planicies, la adopción de la SD fue también impulsada por la necesidad de mejorar la eficiencia de uso de agua (Brandt, 1992; Lafond et al., 1992; Peterson et al., 2001). El clima semiárido de las Praderas Canadienses es ideal para producir trigos de alto valor proteico, pero las condiciones limitantes de humedad hicieron que los sistemas en SD sean especialmente atractivos y económicos (Zentner et al., 2002). Casi toda la producción de trigo canadiense se genera en las Praderas.

Las Praderas Canadienses tienen cerca de 30 millones de ha de tierras cultivadas, divididas en cinco grandes zonas según clima y suelo (Figura 1). La zona de suelos marrones tiene alrededor del 21% de tierras cultivables, la zona de suelos marrones oscuros un 22% y el resto se ubica en las zonas más húmedas de suelos negros y grises. La precipitación media anual varía desde 300 a 400 mm en los suelos marrones/oscuros y de 425 a 475 mm en los negros y grises.

El trigo de primavera es el principal cultivo en todas las zonas. Históricamente, los productores seleccionaban rotaciones que incluían una alta proporción de

Tabla 1. Área bajo siembra directa, 2004/05.

País	Área bajo SD (millones de ha)
EE.UU.	25.3
Brasil	23.6
Argentina	16.0
Canadá	13.4
Australia	9.0
Paraguay	1.7
India	1.9
Bolivia	0.6
Sudáfrica	0.3
España	0.3
Venezuela	0.3
Uruguay	0.3
Francia	0.2
Chile	0.1
Colombia	0.1
China	0.1
Otras (estimado)	1.5
Total	94.6

Fuente: J. Hassell, Conservation Technology Information Center, comunicación personal.

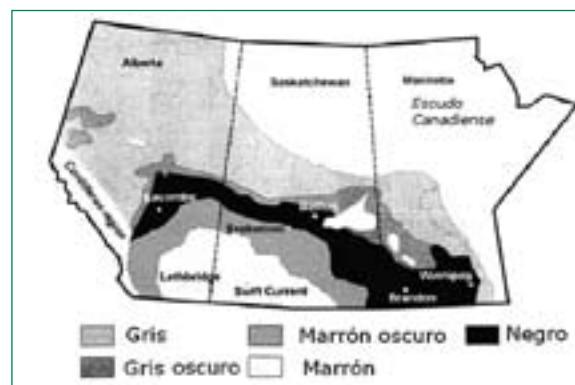


Figura 1. Zonificación de suelos en las Praderas canadienses.

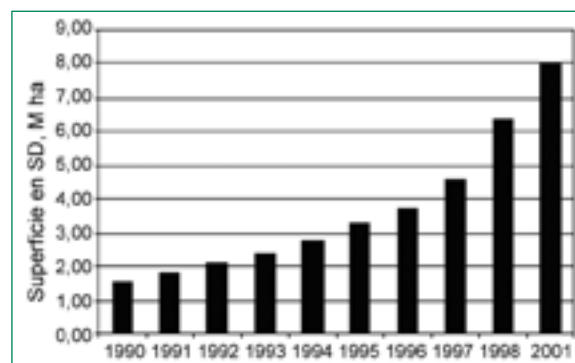


Figura 2. Superficie en siembra directa (SD) en las Praderas Canadienses (B. McClinton, Saskatchewan Soil Conservation Association, comunicación personal).

trigo y barbecho de verano (T-B), pero el barbecho ha estado en franca caída desde la mitad de los años 70 (Campbell et al., 1990; 2002), mientras que el área bajo SD y labranza reducida fue aumentando (Figura 2). La frecuencia de barbecho esta en relación directa con la humedad disponible del suelo y varía entre 1 cada 2 años en la zona de suelos marrones a 1 cada 4 años en la zona de suelos negros. Sin embargo, al aumentar la retención de humedad en suelos bajo sistemas de SD, los productores han podido diversificar sus rotaciones e incrementar la intensidad de la producción (Tabla 2). Los productores pueden ahora incorporar cereales (trigo de invierno y primavera, trigos duros, cebada), oleaginosas (canola, lino, mostaza, girasol), legumbres (haba, lentejas, garbanzo) y forrajeras dentro de sus rotaciones. El trigo sigue siendo dominante en la rotación, pero la mejora en la conservación del agua con la SD le dio a los productores mayor flexibilidad en sus sistemas de producción de cultivos, y tanto leguminosas como legumbres son comúnmente parte de la rotación basada en trigo (Millar et al., 2001; Campbell et al., 2002; Millar et al., 2002; Johnston et al., 2002).

Cambios en el suelo relacionados con el uso de labranza reducida

Las labranzas aceleran el proceso natural de degradación de los suelos, incrementando la tasa de erosión, salinización y acidificación, y disminuyendo la calidad y cantidad de materia orgánica (MO). La MO cae rápidamente con las labranzas, resultando muchas veces en pérdida de nutrientes para las plantas. Las labranzas también pueden romper la estructura del suelo, reduciendo la capacidad de almacenaje y la tasa de infiltración (Malhi et al., 2001).

Con la labranza reducida, se acumula mayor cantidad de residuos en la superficie del suelo, minimizando la erosión eólica e hídrica y mejorando la calidad del suelo. Los residuos de los cultivos en superficie incrementan la infiltración del agua en el suelo, reducen las pérdidas por evaporación y las pérdidas de nutrientes por erosión, y producen un descenso en la temperatura superficial del suelo. Las temperaturas más frías reducirán la liberación de nutrientes de la MO del suelo y la difusión de nutrientes a las plantas, y pueden afectar el crecimiento de las raíces. En ausencia de labranzas frecuentes, se reduce la mineralización y

disminuye la liberación de nutrientes para las plantas, siendo muy importante la fertilización para producir altos rendimientos.

Al disminuir las labranzas, los residuos se acumulan en y sobre el suelo, eventualmente incrementando los residuos fácilmente descomponibles y la fracción activa de la MO. Inicialmente, cuando se adopta el sistema de SD, el incremento de carbono (C) por los residuos produce una inmovilización del nitrógeno (N) del suelo, ya que los microorganismos descomponedores deben usarlo para mantener la relación C:N durante el proceso de descomposición. Con el tiempo, el ciclado de MO llega a un nuevo equilibrio, incrementándose la fracción de N orgánico potencialmente mineralizable y resultando en más N de nitratos ($N-NO_3^-$) y N de amonio ($N-NH_4^+$) disponible para las plantas. Este periodo de transición puede durar varios años, durante el cual la aplicación de nutrientes en banda por debajo de la cobertura de residuos se vuelve muy importante.

La mayor cantidad del N disponible en el suelo esta bajo la forma soluble de NO_3^- , pudiéndose lixiviar y moverse a través del perfil con el agua del suelo. El azufre de sulfatos ($S-SO_4^{2-}$) también es soluble, y puede moverse en el perfil del suelo, aunque bajo condiciones de acidez algo de SO_4 puede absorberse a los coloides del suelo. El fósforo (P) y el potasio (K) tienden a ser inmóviles en el suelo, debido a que reaccionan con minerales de calcio (Ca) y de magnesio (Mg) y otros minerales del suelo, y debido también al tipo de carga del suelo (capacidad de intercambio catiónico, CIC). Sin labranzas y mezclado de suelo, los nutrientes inmóviles se pueden acumular en la superficie (0-5 cm). Es necesario un mejor entendimiento de cómo los nutrientes se mueven y reaccionan con el suelo para mejorar el manejo de la fertilización en sistemas de labranza reducida.

El pH del suelo bajo labranza reducida puede disminuir en la medida que se incrementan los niveles de C del suelo (MO). Los cambios serán proporcionales a los cambios en MO y al pH inicial. Por ejemplo, un 26% de aumento en el C del suelo resultó en un descenso de 0.5 unidades de pH en suelos Grises del Oeste de Canadá luego de 10 años en SD (Arshad et al., 1990). Los cambios en el pH del suelo impactan en la disponibilidad del P y algunos micronutrientes.

La estratificación de nutrientes es un tema central en el manejo de P y K en SD. Estos nutrientes tienden

Tabla 2. Tendencias en la intensidad de cultivos en las Praderas Canadienses (Campbell et al., 2002).

Zona-Suelos	Duración promedio de la rotación*					
	1976	1980	1985	1990	1995	1998
Marrones	1/1.1	1/1.1	1/1.3	1/1.3	1/1.3	1/1.6
Marrones oscuros	1/1.4	1/1.5	1/2.1	1/2.2	1/3	1/4
Negros y Grises	1/2.2	1/2.6	1/4.9	1/4.9	1/6.7	1/10

*Interpretación de la rotación: 1/1.1 un año de barbecho y 1.1 años con cultivo

a acumularse en la superficie del suelo a la profundidad de aplicación. Esto se muestra claramente en la Figura 3, en un suelo Negro alcalino de Manitoba. Las muestras de suelos fueron extraídas al cuarto año de estudio, el P se aplicó siempre en la banda (58 kg P₂O₅/ha), y el K siempre al voleo (120 kg K₂O/ha). La falta de remoción durante los cuatro años, provocó una acumulación del P y K en la zona donde habían sido aplicados.

Observaciones similares se han encontrado en un suelo Marrón en Saskatchewan. Selles et al. (1999) encontraron que luego de 12 años existió una acumulación de P disponible en la parte superior (0-1 cm) del suelo, al pasar de labranza convencional con barbecho-trigo a sistemas de trigo continuo en SD. Sin embargo, este no fue el caso para barbecho-trigo bajo SD o trigo continuo bajo labranza convencional. Este efecto específico del tratamiento se atribuyó a la acumulación superficial de residuos y la falta de descomposición bajo SD. La mayor concentración de P en la superficie no generó una mayor absorción de P por el trigo. Esto probablemente se debió a que se utilizó fertilizante arrancador con P ("starter") y a que la liberación de P desde la materia orgánica fue lenta debido a las bajas temperaturas en primavera.

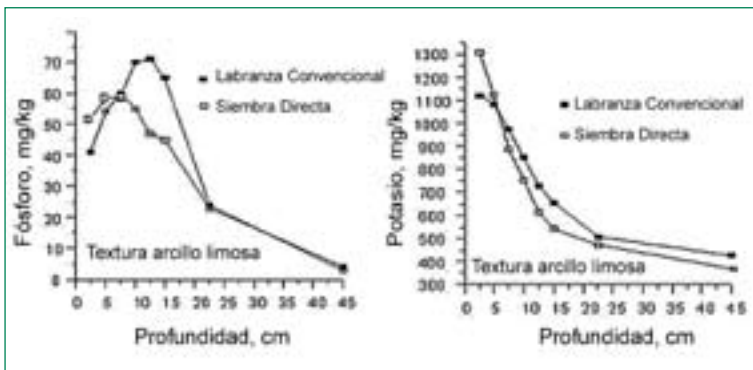


Figura 3. Efecto de la siembra directa y labranza convencional en la distribución del fósforo y el potasio en un suelo franco arcilloso de Manitoba (adaptado de Grant y Bailey, 1994).

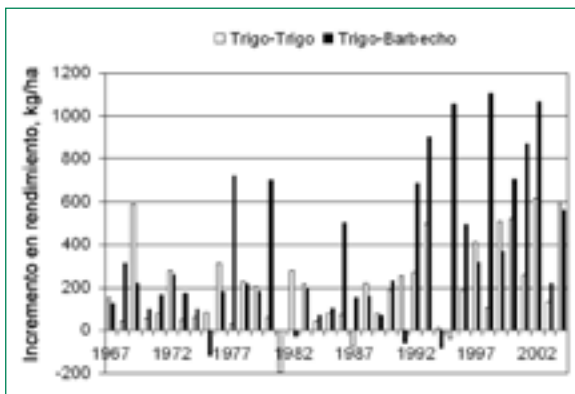


Figura 4. Incremento del rendimiento debido a la aplicación de fósforo (P) como arrancador en Saskatchewan, en una rotación barbecho-trigo-trigo, 1967-2004 (R.P. Zentner, Agriculture and Agri-Food Canada, personal communication).

Cuando las condiciones del suelo son secas, los nutrientes ubicados superficialmente pueden quedar posicionalmente no disponibles para las plantas. Este puede ser un problema común en los suelos de las Praderas donde la precipitación es limitada y los suelos son pobres en P. Sin embargo, puede ser corregido fácilmente utilizando fertilizantes arrancadores ubicados en la línea de siembra.

Aunque el N y el S son móviles en el suelo, las labranzas pueden alterar su distribución en el perfil del suelo. Un estudio hecho en Manitota en un suelo franco arenoso fino, mostró un mayor contenido de N-NO₃⁻ en SD a la profundidad de 0-7.5 cm, presumiblemente debido a la liberación desde los residuos orgánicos retenidos en la superficie del suelo, y a la retención de N residual por aplicación de fertilizantes bajo condiciones de sequía. Resultados similares se encontraron en un estudio en suelo arcillo-limoso a 0-2.5 cm. El N-NO₃⁻ también se acumuló en la profundidad 60-120 cm del perfil en ambos sistemas de labranzas y tipos de suelo. Otros investigadores en las Praderas Canadienses no encontraron diferencias entre labranzas en N-NO₃⁻ o en S-SO₄ a 0-60 cm de profundidad (Malhi et al., 1992).

Manejo de la fertilización

El manejo de la fertilización bajo SD requiere una especial atención a la ubicación del fertilizante para optimizar su eficiencia de uso por el cultivo (Johnston, 2002). Las características del suelo, clima, tipo de cultivo, y las prácticas agronómicas, incluyendo el método de aplicación de fertilizante, impactan en la eficiencia de uso de un nutriente.

El N es el nutriente que frecuentemente más limita la producción en el mundo entero, seguido por el P y el K. La aplicación de N al voleo sobre el

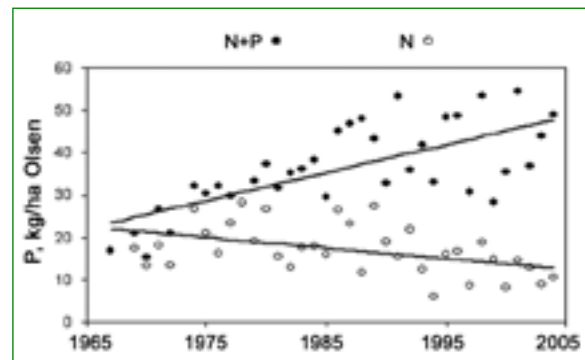


Figura 5. Influencia de la aplicación de fósforo (P) como arrancador en los niveles de P del suelo en una rotación barbecho-trigo-trigo en Saskatchewan, 1967-2004 (R.P. Zentner, Agriculture and Agri-Food Canada, personal communication).

rastraje en superficie no es el método más eficiente de aplicación, debido a las pérdidas potenciales de N por inmovilización en los residuos y por volatilización (Malhi y Nyborg, 1992). La aplicación del N en una banda es usualmente la más efectiva ya que minimiza las pérdidas de N por inmovilización, pero la aplicación de todo el fertilizante que requiere el cultivo a la siembra no deja de ser un desafío. En forma similar, la aplicación de P y K en banda ya sea junto o al costado de la semilla, minimiza la fijación por el suelo e incrementa la absorción temprana por el cultivo, especialmente cuando se aplica como arrancador.

En la Figura 4 se ilustra la efectividad del P como arrancador luego de 31 años en el sur de Saskatchewan en una rotación barbecho-trigo-trigo. La aplicación de 7 kg de P/ha, produjo en promedio 342 kg/ha más de grano de trigo sobre barbecho y 194 kg/ha más de grano de trigo luego de trigo. La variabilidad interanual de los rendimientos estuvo estrechamente relacionada a las condiciones climáticas durante la primavera y ocurrió a pesar de que el nivel de P disponible se duplicó durante los 31 años (Figura 5). Las mayores respuestas ocurrieron con suelos fríos y húmedos durante la primavera. El crecimiento de la raíz y el movimiento de P en el suelo y su absorción por las plantas son afectados con bajas temperaturas.

Si bien la aplicación del P en la línea de siembra como arrancador no es perjudicial para el cultivo de trigo, no ocurre lo mismo con dosis altas de N y K. La ubicación de estos nutrientes en contacto directo con la semilla, a menudo reduce la germinación y demora la emergencia, resultando en un pobre stand de plantas y pérdidas de rendimiento. Las recomendaciones generales usadas sugieren que dosis de no más de 45 kg de N/ha como nitrato de amonio, o 22-28 kg de N/ha como urea, pueden ser aplicadas con la semilla en forma segura. Estas recomendaciones son adecuadas para aquellos equipos de siembra que ubican la semilla junto con el fertilizante, pero no para aquellos que producen una aplicación más irregular o dispersa del fertilizante y la semilla (neumáticas o por aire a presión), o para aquellos que ubican, con precisión, el fertilizante fuera del surco de siembra.

Existen muchos factores que inciden en la cantidad segura de fertilizante a aplicar con la semilla. Estos incluyen: espaciamiento, utilización de la cama de siembra (UCS), textura, humedad, heterogeneidad del suelo, ubicación del fertilizante, abridor del surco de siembra, fuente de fertilizante y cultivo. La cantidad de fertilizante a aplicar sin problemas junto con la semilla disminuye en la medida que aumenta el distanciamiento entre hileras. Para surcos distanciados (cultivos de escarda), para una dosis dada, el fertilizante está más concentrado y está en mayor contacto con la semilla. Esto es más peligroso con N que con P. Investigaciones realizadas en Saskatchewan y Manitoba han demostrado que no hubo diferencias en rendimiento de trigo para distanciamientos que variaron entre 10 y 30 cm, y que las mayores concentraciones de P junto con la semilla en surcos más anchos no tuvieron efecto sobre los rendimientos (Lafond et al., 1996).

La UCS es una medida del espacio de suelo utilizado para aplicar el fertilizante (Roberts y Harapiak, 1997), y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% UCS = \frac{\text{ancho del surco de siembra}}{\text{distanciamiento}} \times 100$$

Los suelos de textura más pesada toleran una mayor cantidad de N con la semilla porque la mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de almacenamiento de agua reducen la toxicidad del amoníaco, que es la principal causa de daño durante la germinación y emergencia. En la Tabla 3 se muestran las recomendaciones para Saskatchewan de la cantidad máxima de N-Urea a aplicar junto con la semilla sin producir daños, asumiendo una humedad de la cama de siembra de buena a excelente. Las dosis para otros fertilizantes con amonio pueden incrementarse en un 25%. El nitrato de amonio es menos perjudicial para la semilla que la urea, tiene un mayor índice salino que la urea pero no genera toxicidad por amoníaco. Con suelos con mayor CIC o buena humedad de siembra es posible tolerar mayores dosis de N. Las recomendaciones para Dakota del Norte sugieren que las dosis máximas de N a aplicar junto con la semilla varían entre 67 a

Tabla 3. Dosis aproximadas de N-Urea (kg/ha) que no producen daño en aplicaciones junto con la semilla para trigo y otros cereales (Henry et al., 1995).

	Banda # de 2,5 cm			Banda de 5 cm			Banda de 7,5 cm		
	Espaciamiento, cm			Espaciamiento, cm			Espaciamiento, cm		
Textura del suelo	15	23	30	15	23	30	15	23	30
	UCS			UCS			UCS		
	17%	11%	8%	33%	22%	17%	50%	33%	25%
Gruesos (franco arenosos)	22	17	17	34	28	22	45	34	28
Medios (franco a franco arcilloso)	34	28	22	45	39	34	56	45	39
Pesados (arcilloso, muy arcillosos)	39	34	34	56	45	39	67	56	45

Se refiere al ancho de la banda de siembra que genera la cuchilla, zapata u otro implemento que se utilice.

112 kg/ha con sembradoras de aire a presión (UCS de 60-100%), en suelos pesados.

Muchos productores del norte de las Grandes Planicies han adoptado el uso de máquinas sembradoras especiales que ubican el fertilizante en una banda separada de la semilla para evitar problemas de germinación y emergencia. Generalmente se usan abridores montados sobre sembradoras por aire a presión, los cuales proveen una banda de fertilizante distanciada a unos 3-4 cm al costado y 4-5 cm por debajo de la línea de la semilla. Evaluaciones a campo de estos abridores indican que todos trabajan muy bien mientras sean ajustados correctamente según el ángulo de la cuchilla o zapata y las condiciones de suelo (Johnston et al., 2001). Las fuentes sólidas (urea) o gaseosas (amoníaco

anhidro) de N son las principales para la región y han sido utilizadas exitosamente bajo SD (Johnston et al., 1997). El uso de amoníaco anhidro es mayor en las zonas húmedas, donde las dosis de N requeridas para optimizar los rendimientos de trigo son mayores.

El azufre (S) es el tercer nutriente deficiente en el norte de las Grandes Planicies, luego del N y el P. No solo es importante en la optimización de los rendimientos sino que es un componente importante de muchos aminoácidos y, por ende, afecta la calidad panadera del trigo. Las deficiencias de S abarcan un 30% de la superficie cultivada en las Praderas Canadienses y el análisis de S es frecuentemente poco confiable para predecir el nivel de S de un campo (Grant et al., 2004).

El análisis de suelo convencional que mide el S-SO₄,

Tabla 4. Respuesta promedio del trigo a la aplicación de S en suelos de Alberta con (continua durante 20 años), y sin historia previa de aplicación de S (Doyle y Cowell, 1993).

Localidad	Control	Fertilizado ¹	Respuesta	No. ensayos	
	kg/ha		%		
Sin aplicación previa de S					
Suelos grises bosques ²	1422	1619	14	12	
Breton ³	949	1830	93	10	
U of A ⁴	2482	2731	10	8	
20 años de aplicación de S					
Breton	1	774	1178	52	5
	2	2059	2225	8	5
	3	1690	2737	62	5
	4	2523	3641	44	5
U of A	1	3379	3659	8	4
	2	1999	2023	1	4

¹ Aplicación de 15 kg de S/ha como sulfato de sodio.

² Contenido promedio de S total= 123 mg/kg

³ Contenido promedio de S total= 100 mg/kg

⁴ Contenido promedio de S total= 600 mg/kg

Tabla 5. Efecto de la fertilización con N, P y S en el rendimiento de trigo en Alberta (Doyle y Cowell 1993).

Tratamiento	N	P	S	Rendimiento
	kg/ha			
1	0	0	0	2310
2	0	0	22	2550
3	18	10	0	2480
4	18	10	22	3020

Tabla 6. Efecto de la fertilización con N y P en el rendimiento de trigo luego de barbecho y luego de rastrojo de trigo en un suelo marrón oscuro del sur de Alberta (Campbell et al., 1990).

Dosis de fertilizante (kg/ha)		Rendimientos promedio de 13 años (kg/ha)			
		Trigo sobre barbecho		Trigo sobre rastrojo	
N	P	B-T [#]	B-T-T	B-T-T	T continuo
0	0	2775	2332	1203	1156
0	20	2802	2641	1176	1284
45	0	2722	2460	1519	1505
45	20	3031	2654	1908	1747

[#] B indica barbecho y T indica trigo. El T (negritas) indica el cultivo cuyo rendimiento se reporta.

la forma disponible para las plantas, es problemático debido a la variabilidad propia del SO_4 en el campo y a la variabilidad de la mineralización del S orgánico, que representa generalmente el 95% del contenido de S total en el suelo. El análisis de S- SO_4 es más confiable para suelos sin respuesta a S, que contienen altas cantidades de S.

El S normalmente se aplica bajo la forma de S elemental o como SO_4 . El S elemental debe ser previamente oxidado por los microorganismos antes de ser usado por las plantas. La tasa de ese proceso depende de las características que involucran a la actividad microbiana (temperatura, humedad, aireación y pH). La tasa de oxidación se incrementa con la temperatura del suelo y decrece con contenidos muy altos o muy bajos de humedad. La granulometría del S elemental es también importante, tamaños más finos de partícula resultan en una más rápida oxidación. La dispersión de las partículas de S es también un factor importante para aumentar la tasa de oxidación.

La aplicación del S elemental en primavera, cercana o al momento de siembra, no es recomendable para cultivos anuales, ya que las tasas de oxidación son muy lentas para satisfacer la demanda de S del cultivo. Las mezclas de S elemental con bentonita incrementan la dispersión de las partículas de S, incrementando la oxidación y la liberación de SO_4 .

Comparado con las oleaginosas, el trigo tiene una baja demanda metabólica de S, sin embargo, los aumentos de rendimiento con fertilizaciones azufradas pueden ser importantes. Doyle y Cowell (1993) revisaron resultados de ensayos a campo conducidos en suelos deficientes de S en las regiones más húmedas de las Praderas Canadienses, e informaron incrementos de rendimiento en un rango del 10 al 90%, en suelos que nunca habían sido fertilizados con S y del 8 al 60%, en suelos con historia de fertilización con S (Tabla 4).

La fertilización azufrada es generalmente más eficiente cuando se aplica con cantidades adecuadas de otros nutrientes. Por ejemplo, la aplicación de 22 kg de S/ha en suelos Grises produjo un incremento del 10% relativo al control en comparación del 30% de incremento cuando se aplicó en conjunto con N y P (Tabla 5). La aplicación sola de N y P produjo un incremento del 7%. Ya sea con S u otros nutrientes, la fertilización balanceada es indispensable para la producción de trigo.

Los nutrientes deben ser aplicados en cantidades adecuadas y en proporciones balanceadas, de acuerdo a las necesidades del cultivo y la disponibilidad del suelo. En la Tabla 6 se comparan rendimientos de trigo en rotación trigo-barbecho con una rotación de tres años barbecho-trigo-trigo y con trigo continuo en un suelo marrón oscuro en el sur de Alberta, fertilizado con bajas dosis de N y P (Campbell et al., 1990). Los mayores rendimientos de trigo se obtuvieron con trigo

sobre barbecho cuando se fertilizó con N y P. Si bien los rendimientos decayeron para trigo sobre trigo, en todos los casos los mayores rendimientos se dieron con fertilización con N y P.

En el ejemplo de la Tabla 6, no hizo falta K para balancear los requerimientos nutricionales del cultivo, ya que los suelos del sur de Alberta son ricos en este nutriente. En realidad, la mayoría de los suelos del norte de las Grandes Planicies se encuentran bien provistos de K para el cultivo de trigo, y normalmente no es esperable encontrar respuestas a la fertilización con K. Adicionalmente, la mayoría del K absorbido por el trigo es retenida en el rastrojo y en SD, al dejar el rastrojo en el suelo, poco K se exporta en grano, resultando entonces en una menor necesidad de fertilización potásica. Sin embargo, algunos suelos del norte de las Grandes Planicies con contenidos altos de K responden a la aplicación de cloruro de potasio (KCl).

La respuesta del trigo a la aplicación de KCl puede ser parcialmente atribuida a la difusión restringida del K hacia las raíces de las plantas en suelos fríos en la primavera temprana, pero también al cloro (Cl) contenido en el fertilizante potásico. En muchos estudios realizados en la región del norte de las Grandes Planicies se han reportado respuestas a la fertilización con Cl (Fixen, 1993; Lamond et al., 1999; Grant et al., 1991); sin embargo, la magnitud y la frecuencia de las respuestas varían de acuerdo al cultivar y están a menudo relacionadas con la presión de enfermedades.

Conclusiones

El entendimiento del comportamiento de los nutrientes en el suelo y sus implicancias en el manejo de la fertilidad es importante a fin de maximizar la eficiencia del uso de los nutrientes y la producción de trigo en sistemas bajo SD. El muestreo y análisis de suelos es una de las mejores herramientas disponibles para estimar el nivel de nutrientes en el suelo y hacer recomendaciones de fertilización adecuadas. Para ser más efectivo, el muestreo y análisis de suelos debe ser utilizado en forma adecuada, reconociendo la variabilidad natural que existe en los lotes. El muestreo intensivo de suelos y/o el manejo de nutrientes en zonas de suelos, utilizando sistemas de posicionamiento global (GPS) y sistemas de información geográfica (GIS) para mapear y evaluar datos de análisis de suelos, son herramientas útiles que pueden ayudar a los productores en el manejo nutricional de trigo.

Referencias

Arshad, M.A., Schnitzer, M., Angers, D.A., y Ripmeester, J.A. 1990. Effects of till vs. no-till on the quality of soil organic matter. *Soil Biol. Biochem.* 22:595-599.

- Brandt, S.A.** 1992. Zero vs. conventional tillage and their effects on crop yield and soil moisture. *Can. J. Plant Sci.* 72: 679-688.
- Campbell, C.A., Janzen, H.H., y Bowren, K.E.** 1990. Crop rotation studies on the Canadian Prairies. Research Branch, Agriculture Canada. Publication 1841/E.
- Campbell, C.A., Zentner, R.P., Gameda, S., Blomert, B. y Wall, D.D.** 2002. Production of annual crops on the Canadian prairies: trends during 1976-1998. *Can. J. Soil Sci.* 82:45-57.
- Doyle, P.J. y Cowell, L.E.** 1993. Sulphur. Chapter 6, pg. 202-250. *In Impact of Macronutrients on Crop Responses and Environmental Sustainability on the Canadian Prairies.* D.A. Rennie, C.A. Campbell and T.L. Roberts (eds). Published by the Canadian Society of Soil Science, Ottawa, Ontario.
- FAO** 2005. Agricultural data FAOSTAT. Statistical database, Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org/>
- Fixen, P.E.** 1993. Crop responses to chloride. *Adv. Agron.* 50: 107-150.
- Grant, C.A. y Bailey, L.D.** 1994. The effect of tillage and KCl addition on pH, conductance, NO₃-N, P, K and Cl distribution in the soil profile. *Can. J. Soil Sci.* 74:307-314.
- Grant, C.A., McLaren, D.L., y Johnston, A.M.** 2001. Spring wheat cultivar response to potassium chloride fertilization. *Better Crops* 85(4):20-23.
- Grant, C. A., Johnston, A. M., y Clayton, G. W.** 2004. Sulphur fertilizer and tillage management of canola and wheat in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 84: 453-462.
- Henry, L., Harapiak, J., Ukrainetz, H., y Green, B.** 1995. Revised guidelines for safe rates of fertilizer applied with the seed. *Farm Facts.* Saskatchewan Agriculture and Food. ISSN 0840-9447 SCR1194.
- Johnston, A.M.** 2002. Fertility issues and long-term no-till. *Proceedings of Alberta Reduced Tillage Linkages*
- Johnston, A.M., Lafond, G.P., Harapiak, J.T., y Head, W.K.** 1997. No-till spring wheat and canola response to side banded anhydrous ammonia at seeding. *J. Prodn. Agric.* 10: 452-458.
- Johnston, A.M., Lafond, G.P., Hultgreen, G.E., y Hnatowich, G.L.** 2001. Spring wheat and canola response to nitrogen placement with no-till side band openers. *Can. J. Plant Sci.* 81: 179-186.
- Johnston, A.M., Tanaka, D.L., Miller, P.R., Brandt, S.A., Nielsen, D.C., Lafond, G.P. y Riveland, N.R.** 2002. Oilseed Crops for Semiarid Cropping Systems in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 94: 231-240.
- Lafond, G.P., Domitruk, D., Bailey, K.L., y Derksen, D.A.** 1996. Effects of row spacing, seeding rate and seed-placed phosphorus on wheat and barley in the Canadian prairies. *Better Crops* 80(4): 20-22.
- Lafond, G.P., Loepky, H., y Derksen, D.A.** 1992. The effects of tillage systems and crop rotations on soil water conservation, seedling establishment and crop yield. *Can. J. Plant Sci.* 72: 103-116.
- Lamond, R., Martin, V., Maxwell, T., Bowden, R., y Duncan, S.** 1999. Chloride fertilization on winter wheat. *Better Crops* 83(4): 21-23.
- Malhi, S.S. y Nyborg, M.** 1992. Placement of urea fertilizer under zero and conventional tillage for barley. *Soil Tillage Res.* 23, 193-197.
- Malhi, S.S., McAndrew, D.W., y Carter, M.R.** 1992. Effect of tillage and N fertilization of a Solonchic soil on barley production and some soil properties. *Soil Tillage Res.* 22:95-107.
- Malhi, S.S., Grant, C.A., Johnston, A.M., y Gill, K.S.** 2001. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil and Till. Res.* 60: 101-122.
- Miller, P.R., McConkey, B.G., Clayton, G.W., Brandt, S.A., Staricka, J.A., Johnston, A.M., Lafond, G.P., Schatz, B.G., Baltensperger, D.D., y Neill, K.E.** 2002. Pulse Crop Adaptation in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 94: 261-272.
- Miller, P.R., McDonald, C.L., Derksen, D.A., y Waddington, J.** 2001. The adaptation of seven broadleaf crops to the dry semiarid prairie. *Can. J. Plant Sci.* 81:29-43.
- Padbury, G., Waltman, S., Caprio, J., Coen, G., McGinn, S., Mortensen, D., Nielsen, G. y Sinclair, R.** 2002. Agroecosystems and land resources of the Northern Great Plains. *Agron. J.* 94: 251-261.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Peairs, F.B., Sherrod, L., Poss, D., Gangloff, W., Larson, K., Thompson, D.L., Ahuja, L.R., Koch, M.D., y Walker, C.B.** 2001. Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin, TB01-2. Colorado State Univ. Exp. Stn., Fort Collins.
- Roberts, T.L. y Harapiak, J.T.** 1997. Fertilizer management in direct seeding systems. *Better Crops* 81(2):18-20.
- Selles, F., McConkey, B.G., y Campbell, C.A.** 1999. Distribution and forms of P under cultivator- and zero-tillage for continuous- and fallow-wheat cropping systems in the semiarid Canadian prairies. *Soil and Tillage Res.* 51:47-59
- Zentner, R.P., Wall, D.D., Nagy, C.N., Smith, E.G., Young, D.L., Miller, P.R., Campbell, C.A., McConkey, B.G., Brandt, S.A., Lafond, G.P., Johnston, A.M., y Derksen, D.A.** 2002. Economics of Crop Diversification and Soil Tillage Opportunities in the Canadian Prairies. *Agron. J.* 94: 216-230. ■

Nuevas recomendaciones de fertilización y encalado en el cultivo de arroz bajo riego en Rio Grande do Sul, Brasil

Extractado del artículo de Anghinoni I., S. Genaro, E. Marcolim y V. Macedo. 2005.

"A fertilidade dos solos e as novas recomendações de adubação e de calagem para o arroz irrigado no RS".

Publicado en *Lavoura Arrozeira*: 53, 437 (27-36). IRGA, Instituto Riograndense do Arroz. Porto Alegre, RS, Brasil

La fertilidad de los suelos de Río Grande do Sul y el cultivo de arroz

En el cultivo de arroz, las altas producciones son posibles únicamente con una estrategia de Manejo Integrado, el cual reúne varias prácticas para aumentar la productividad y la sustentabilidad en el cultivo de arroz. Dentro de estas prácticas, la nutrición es esencial para mantener una elevada producción. La respuesta del cultivo de arroz irrigado a la fertilización y encalado, es determinada por el estado de fertilidad del suelo y por la expectativa de rendimiento. Los suelos en donde se implantan los cultivos de arroz bajo riego en Río Grande do Sul (RS), son predominantemente ácidos, con una proporción importante de suelos en pH de clase baja. También, el contenido de calcio

intercambiable (Ca_{int}) aparece en una alta proporción en la clase "muy bajo". Estos suelos son arenosos o muy arenosos, con una elevada proporción (78%) con bajos tenores de materia orgánica (MO), y con niveles insuficientes de fósforo (P) y potasio (K) en el 35% de los casos. Esto significa que además de reponer los nutrientes exportados en el grano, es necesario elevar el nivel de nutrientes (P y K), en el suelo y el de calcáreo, para neutralizar el aluminio (Al).

Metodologías utilizadas y principios básicos de la fertilización

El principal objetivo del sistema de recomendación para fertilización utilizado en RS y Santa Catarina consiste en elevar y mantener las cantidades de nu-

Tabla 1. Distribución de las clases de parámetros edáficos en suelos cultivados con arroz en RS.

Parámetro	Unidades	Interpretación				
		Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Distribución en %						
pH agua		45	40	12	3	
Ca intercambiable	$cmol_c dm^{-3}$	15	32	28	25	
Mg intercambiable	$cmol_c dm^{-3}$		23	26	51	
Saturación Al	%		37	21	15	27
Saturación Bases	%	6	23	26	51	
MO	%		78	18	4	
P-Mehlich I	$mg dm^{-3}$		10	36	29	25
K- Mehlich I	$mg dm^{-3}$		16	34	37	13

Tabla 2. Fertilización nitrogenada para sistemas de siembra en suelo seco y sistemas pre-germinación.

Fuente: CQFS RS/SC, 2004.

	Expectativas de rendimiento (t/ha)				
	Siembra en suelo secos			Sistema pre-germinación	
MO (%)	< 6.0	6.0-9.0	>9.0	6.0-9.0	>9.0
kg N/ha					
< 2.5	60	90	120	90	120
2.5 – 5.0	50	80	110	70-90	90-120
> 5.0	< 40	< 70	< 100	< 70	< 90

trientes necesarias para obtener un óptimo retorno económico, pero preservando el medio ambiente. Cada etapa del diagnóstico requiere de una atención especial para no cometer graves errores. Así, por ejemplo, un correcto muestreo de suelos es difícil de llevar a cabo, en especial, bajo sistemas de siembra directa que fertilizan en la línea de siembra, aumentando mucho la variabilidad tanto horizontal como vertical. Para evitar esto, en el Manual de Fertilización y Encalado de los estados de Río Grande do Sul y Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004), se halla la metodología para la extracción de muestras descrita en detalle. También la metodología de análisis de suelo y tejido vegetal se halla descrita en un protocolo uniforme de laboratorios Red Oficial de Laboratorios de Análisis de Solos e de Tecido Vegetal dos estados de Río Grande do Sul y Santa Catarina (ROLAS RS/SC).

Las nuevas recomendaciones de fertilización y encalado, presentadas en este trabajo, representan un avance muy importante en el sistema de recomendación por tener flexibilidad en su uso, siendo las dosis de recomendación específicas para cada situación, y dejando la decisión final para el técnico. Con la finalidad de validar las nuevas recomendaciones para arroz irrigado, técnicos del grupo de Suelos y Agua de EEA-IRGA, iniciaron una red experimental durante la campaña 2004/05 en todas las regiones arroceras.

Tabla 3. Fertilización fosfatada para sistemas de siembra en suelo seco y sistemas pre-germinación.
Fuente: CQFS RS/SC, 2004.

		Expectativas de rendimiento (t/ha)				
		Siembra en suelo secos			Sistema pre-germinación	
P-Mehlich ¹	Interpretación	< 6.0	6.0-9.0	>9.0	6.0-9.0	>9.0
mg dm ⁻³		kg P ₂ O ₅ / ha				
< 3.0	Bajo	60	75	90	60	70
3.1-6.0	Medio	40	55	70	40	50
6.1-12.0	Alto	20	35	50	20	30
>12.0	Muy Alto	<20	<35	<50	<20	<30

Tabla 4. Fertilización potásica para sistemas de siembra en suelo seco y sistemas pre-germinación.
Fuente: CQFS RS/SC, 2004.

		Expectativas de rendimiento (t/ha)				
		Siembra en suelo secos			Sistema pre-germinación	
K-Mehlich ¹	Interpretación	< 6.0	6.0-9.0	>9.0	6.0-9.0	>9.0
mg dm ⁻³		kg K ₂ O /ha				
< 30	Bajo	60	70	80	80	90
31-60	Medio	40	50	60	60	70
61-120	Alto	20	30	40	40	50
>120	Muy Alto	<20	<30	<40	<40	<50

Recomendaciones de encalado

En siembras de arroz sobre suelos secos, con irrigación a partir de los 15-30 días posteriores a la germinación, se recomienda la aplicación de calcáreo con pH menores a 5.5, o saturación de bases menor a 65%. La dosis se determina de acuerdo al índice buffer SMP (H+Al) para elevar el pH del suelo a 5.5. En el caso del cultivo de arroz bajo rotación con cultivos de secano, también se recomienda elevar el pH del suelo hasta 6.0 de acuerdo al índice SMP.

En sistemas de arroz pre-germinado, se recomienda una dosis de calcáreo de 1.0 t/ha, que alcanza para cubrir las necesidades de Ca y Mg. Con estas nuevas recomendaciones, cambian, entonces, los niveles considerados “bajos” que pasan de 4,0 a 2,0 cmol_c dm⁻³ para Ca_{inter}, y de 1,0 a 0,5 cmol_c dm⁻³ para Mg_{inter}, no se considera más la suma de los dos. Esta recomendación es especialmente importante en suelos con bajos niveles de Ca_{inter}, como en la región de Planicies Costera Interna que presenta un 60% de suelos con niveles “bajos” (< 2.0 cmol_c dm⁻³) y un 20% de muestras con niveles “bajos” (< 1,0 cmol_c dm⁻³) de Mg_{inter}. Es importante observar que en esas regiones existe una fracción importante (> 30%), de muestras de suelo con saturación de Al “muy alto” y saturación de bases “bajo”, condición en la que la

acidez restringe el crecimiento radicular, y el aprovechamiento de los fertilizantes y, en consecuencia, la productividad del arroz.

Recomendaciones de fertilización

A) Sistema tradicional

Las cantidades de fertilizantes a aplicar, según el nuevo Manual de Fertilización y Encalado (CQFS RS/SC, 2004), tienen en cuenta el estado de fertilidad del suelo (clases de interpretación de los análisis de suelo) y la expectativa de rendimiento del cultivo. Para los sistemas de siembra de arroz en suelos secos hay tres niveles de rendimiento: i) menores de 6 t/ha; ii) entre 6 y 9 t/ha, y iii) mayores de 9 t/ha y para sistemas de pre-germinación solamente dos: i) entre 6 y 9 t/ha y ii) mayores de 9 t/ha.

Las recomendaciones para nitrógeno se basan en el nivel de MO y las expectativas de rendimiento en los diferentes sistemas de siembra de arroz (Tabla 2). Las dosis pueden modificarse hasta en 30%, dependiendo de la historia de uso del suelo, como tipo de labranza, cultivos anteriores (gramíneas o leguminosos) y las condiciones climáticas. En cuanto al momento de aplicación, actualmente se hace énfasis en aplicar la mayor parte (2/3) del N en sistemas de siembra en suelo seco, inmediatamente antes de la irrigación, y no durante los estadios V4 y V5 del cultivo (Menezes et al., 2004).

En cuanto a las recomendaciones de P, son menores las cantidades a aplicar en los sistemas pre-germinación respecto de suelo seco (Tabla 3), debido a una mayor disponibilidad del nutriente en forma temprana por la inundación temprana del suelo en estos sistemas. De utilizar fosfatos naturales, deberían aplicarse dosis entre un 20-30% mayor que las dosis indicadas en la Tabla 3.

En forma inversa a lo ocurrido con el P, las recomendaciones para K son mayores en el sistema pre-germinación (Tabla 4). Esto es para compensar las pérdidas del nutriente en el agua de drenaje, cuando son efectuadas enseguida a la preparación del suelo. Esas pérdidas se minimizan cuando el drenaje es efec-

tuado después de 48 hs de realizada la labor (Macedo et al., 2001a). En referencia al tipo de fuente potásica a usar, tanto el cloruro como el sulfato tienen igual eficiencia, prefiriéndose el cloruro (KCl) por cuestiones económicas.

B) Arroz bajo sistema de rotación de cultivos

Las recomendaciones para P y K para arroz en rotación con otros cultivos de granos, difieren del sistema tradicional. El criterio incluye al de reposición y mantenimiento de nutrientes. Cuando los niveles de estos nutrientes están por debajo del nivel crítico, la recomendación es de tipo correctiva (C). La aplicación puede hacerse de una sola vez (fertilización correctiva total), o en forma gradual (fertilización correctiva gradual) en dos aplicaciones: 2/3 de la dosis al primer cultivo y 1/3 al segundo. Las dosis a aplicar de P_2O_5 y K_2O en kg/ha dependen de dos parámetros: la cantidad necesaria para alcanzar el límite inferior del nivel "alto" (fertilización correctiva-C), más la exportación de los nutrientes en el grano (fertilización de mantenimiento-M), de acuerdo a las expectativas de rendimiento. Si el suelo tiene niveles de fertilidad en la clase "muy alto", solo deberá considerarse la cantidad de nutriente exportada (R).

Para un mejor entendimiento de las nuevas recomendaciones y de su utilización se recomienda consultar el nuevo Manual de Fertilización y de Encalado elaborado por nueve equipos de trabajo con investigadores de los estados de Río Grande do Sul y Santa Catarina, bajo la dirección de la Comisión de Química y Fertilidad de Suelos del Núcleo Regional Sur de la Sociedad Brasileira de Ciencia del Suelo.

Para adquirir esta manual contactarse con la Sociedad Brasileira de la Ciencia del Suelo (Núcleo Regional Sur), sbcs-nrs@cca.ufsc.br, Florianópolis, Santa Catarina; o EMBRAPA Trigo spera@cnpt.embrapa.br, Passo Fundo, Río Grande do Sul; o el Laboratorio de Análisis de Suelos/UFRGS, labsolos@bol.com.br, Porto Alegre, Río Grande do Sul. ■

Visite nuestro sitio web

www.inpofos.org

Latin America
Southern Cone
(INPOFOS-Cono Sur)



La nutrición de los cultivos y la nutrición de los suelos

Fernando O. García

Director Regional INPOFOS Cono Sur

Av. Santa Fe 910, (B1641ABO) Acassuso, Buenos Aires, Argentina

fgarcia@inpofofos.org

Argentina ha incrementado notablemente el uso de nutrientes vía fertilizantes en los últimos 15 años (Fig. 1). Sin embargo, los balances de nutrientes siguen siendo negativos para nuestros suelos. La estimación de extracción en grano y la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) en los cuatro principales cultivos indica que, para la campaña 2004/05, se repuso vía fertilización el 28%, 42%, menos del 2% y el 13% del N, P, K y S, respectivamente, extraídos en los granos (Fig. 2). Estas cifras son similares a las que se han observado en los últimos 5-6 años e indican que el fuerte crecimiento en el uso de fertilizantes no alcanza a compensar el crecimiento notable que se ha registrado en la producción de granos.

Balance de nutrientes a nivel partido/departamento

La información compilada por la Fundación Producir Conservando (FPC) y la Asociación Civil Fertilizar (ACF) en la campaña 2002/03, permite conocer el balance de nutrientes a nivel de partido y/o departamento en la región pampeana argentina considerando los cuatro principales cultivos de grano: soja, trigo, maíz y girasol (Fig. 3). Las áreas de balances más negativos para los tres nutrientes coinciden con las áreas de mayor difusión del cultivo de soja, ya sea las tradicionales del norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba, o las áreas de expansión más reciente como el centro-norte de Córdoba y Entre Ríos.

Es interesante notar que el sur de Buenos Aires, tanto el sudoeste como el sudeste, es el área que presenta los balances menos negativos, o aún levemente positivos como en el caso de P. En estas áreas, el cultivo de soja ha demorado su expansión, sin embargo debe considerarse que los datos presentados en los mapas corresponden a la campaña 2002/03, y la difusión en los últimos años se ha incrementado en forma significativa a partir de la aparición de variedades adaptadas a las condiciones ecológicas del sur bonaerense y el mejor ajuste del manejo del cultivo.

Impacto de la soja en el balance de nutrientes

Esta descripción de los desbalances nutricionales de los suelos de la región pampeana estaría señalando a

la soja como la principal “culpable” de los mismos. La información compilada por FPC y ACF en la campaña 2002/03 nos permite estimar el área fertilizada y la dosis de fertilizante promedio utilizada en cada cultivo (Tabla 1). Las estimaciones indican que casi todo el maíz y el trigo reciben fertilización y que las dosis de fertilizante utilizadas serían del 75% y del 107% de las consideradas necesarias para cubrir las extracciones de N, P y S de los granos de maíz y trigo, respectivamente. La situación de soja y girasol es bastante similar para ambos cultivos, el 40% del área en ambos casos recibe fertilizantes y las dosis promedio cubren solamente un 31-32% de las dosis necesarias para reponer las extracciones de N, P y S en granos. Obviamente, el área sembrada de soja es mucho mayor que la de girasol, 5 a 6 veces superior, generando un impacto mayor de soja que de girasol en los desbalances nutricionales a escala regional y nacional.

¿Por qué se fertiliza menos la soja que otros cultivos? Algunas encuestas realizadas con productores de la región pampeana indican que no fertilizan soja porque la práctica no es rentable, no hay suficiente información, o no están conformes con los resultados obtenidos, entre otros motivos. Afortunadamente, la intensa labor de investigación y experimentación realizada en los últimos años permite disponer de un caudal significativo de información acerca del manejo de fertilización en el cultivo de soja (Díaz Zorita et al., 2002; García, 2005; Salvagiotti et al., 2005). Esta información fue generada por las experimentales de INTA, las universidades, las asociaciones de productores como AACREA y AAPRESID, distintos grupos o asociaciones de profesionales y

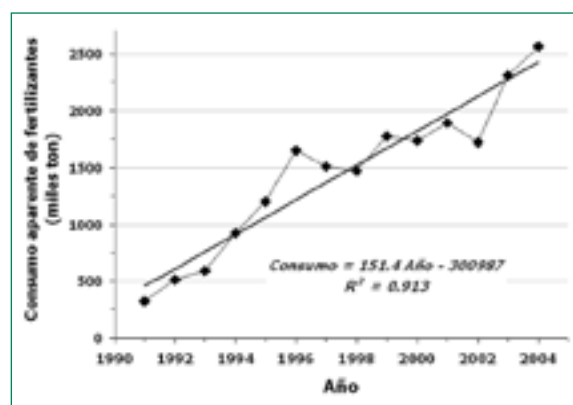


Figura 1. Consumo aparente de fertilizantes en Argentina. Período 1991-2004. Elaborado a partir de información de SAGPyA, F.P.C. y A.C. F.

productores, y organizaciones como el Proyecto INTA Fertilizar y la actual Asociación Civil Fertilizar.

Los ajustes en el manejo de la fertilización de soja, según la información generada en los últimos años, mejorarán los balances nutricionales de nuestros suelos. De hecho, al momento de redacción de este artículo (inicios de campaña 2005/06), la intención de fertilización de soja parece ser superior a la estimada según los datos de 2002/03. El manejo razonado de la fertilización seguramente permitirá que el cultivo no siga siendo visto como el “culpable” de los desbalances. La inclusión de otros cultivos en rotación, disminuyendo la alta frecuencia actual de soja en la rotación también contribuirá a mejorar estos balances. *Queda, como desafío, la resolución del déficit de N generado por la soja bajo condiciones promedio de fijación simbiótica de N₂ (Cordone y Martínez, 2004).*

Nutrición de los suelos

Un aspecto que debe sumarse a la evaluación de la fertilización dentro del sistema de producción es el efecto residual de la misma. No estamos refiriéndonos simplemente al efecto puntual de residualidad de la aplicación de un nutriente de un año para el otro, un

efecto demostrado ampliamente para el caso de P por ejemplo, sino a generar un suelo de mayor fertilidad y productividad asociando una mejor condición nutricional a prácticas de manejo tales como la rotación de cultivos, la siembra directa, la incorporación de cultivos de cobertura y otras prácticas que contribuyen a preservar y mejorar la sustentabilidad y calidad del recurso.

Los ensayos a mediano y largo plazo realizados a nivel nacional e internacional muestran claramente los efectos de la nutrición balanceada de los cultivos que, en definitiva, resultan en la nutrición balanceada del suelo. A modo de ejemplo local, la Fig. 4 muestra los resultados obtenidos en uno de los sitios de la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe. Esta Red se está realizando desde la campaña 2000/01 con el objetivo de evaluar los efectos directos y residuales de distintas combinaciones de N, P y S en dosis de nutrientes similares a las cantidades extraídas por los cultivos. Los tratamientos se repiten todos los años sobre las mismas parcelas para determinar los efectos acumulados del manejo de nutrientes. Uno de los sitios permaneció bajo este sistema durante cuatro campañas (2000/01 a 2003/04), y en la campaña 2004/05 se volvió a condición de lote normal. En esta campaña 2004/05

Tabla 1. Área sembrada, estimación de área fertilizada, dosis promedio de fertilizante utilizada en el área sembrada y dosis de reposición para maíz, trigo, soja y girasol en la campaña 2002/03. La dosis de reposición se estima a partir de la extracción de nitrógeno, fósforo y azufre en grano para cada cultivo. Elaborado a partir de información de F.P.C. y A.C.F.

Cultivo	Área	Área fertilizada	Dosis	Dosis de reposición
	miles ha	%	kg fertilizante/ha	kg fertilizante/ha
Maíz	3084	95	165	221
Trigo	6300	95	137	128
Soja	12607	40	48	149
Girasol	2378	40	38	122

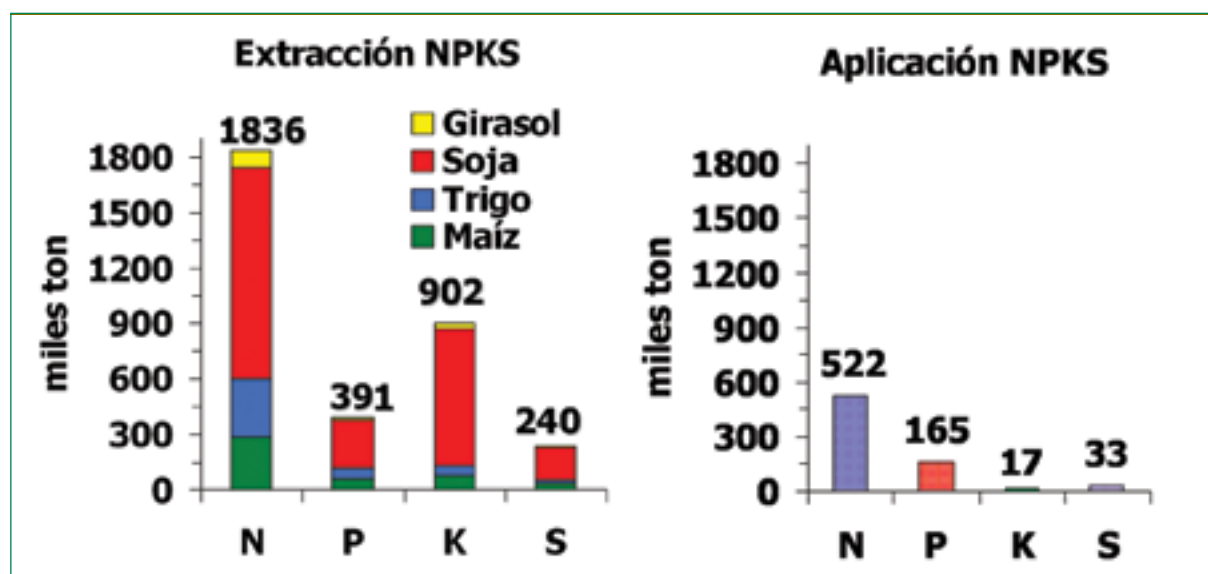


Figura 2. Extracción en grano y aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) para soja, trigo, maíz y girasol en la campaña 2004/05. Elaborado a partir de información de SAGPyA y A.C.F.

se implantó un doble cultivo trigo/soja que recibió una fertilización 86 kg N + 27 kg P + 10 kg S en todas las parcelas. La Fig. 4 muestra los rendimientos de trigo/soja en los tratamientos que habían sido Testigo o fertilizados con NPS en las cuatro campañas anteriores pero que, en esa campaña, recibieron en todos los casos la fertilización anteriormente indicada. Los resultados muestran que el efecto residual de cuatro años de fertilización de reposición NPS, aún con una fertilización NPS en el cultivo actual, permitió obtener respuestas adicionales de 2204 kg/ha de trigo y 559 kg/ha de soja de segunda. Este es el resultado de la nutrición del cultivo y del suelo en “fertilidad acumulada” que genera ambientes edáficos de mayor fertilidad y productividad.

Un segundo ejemplo local de interés en “fertilidad acumulada” y “nutrición del suelo” se puede ver en la Fig. 5. Los datos pertenecen a la Red de Nutrición en la Rotación establecida por AAPRESID en 1999/00. Nuevamente, con tratamientos de fertilización realizados a lo largo de los años sobre las mismas parcelas, se puede observar que las diferencias entre tratamientos Testigos y fertilizados con PS en soja de primera pasaron de 386 kg/ha (+10%) a 700 kg/ha (+19%) luego de tres años de repetir el mismo manejo de fertilización para cada cultivo anual (el tratamiento PS recibe también N cuando se hace maíz o trigo).

Consideraciones finales

- La fertilización de cultivos debe manejarse en función de la cuantiosa información existente y asociarse con otras prácticas de manejo de suelos y cultivos que preservan y mejoran la sustentabilidad y calidad del recurso suelo (rotaciones, siembra directa, implantación de coberturas, manejo integrado de plagas y enfermedades, etc.).
- Los desbalances nutricionales en los suelos llevan a la degradación de la fertilidad nativa del suelo, ejemplificada en las marcadas disminuciones de materia orgánica y las caídas en la productividad de los cultivos.
- El sector productivo debe tener en cuenta estos efectos al momento de la toma de decisiones. Como país tenemos la responsabilidad de preservar y mejorar la sustentabilidad y calidad de nuestros suelos

Referencias

Cordone G. y F. Martínez. 2004. El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 24:1-4. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

Díaz Zorita M; F. García y R. Melgar (coord.) 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. *Boletín Proyecto Fertilizar*. EEA INTA Pergamino. 44 pag.

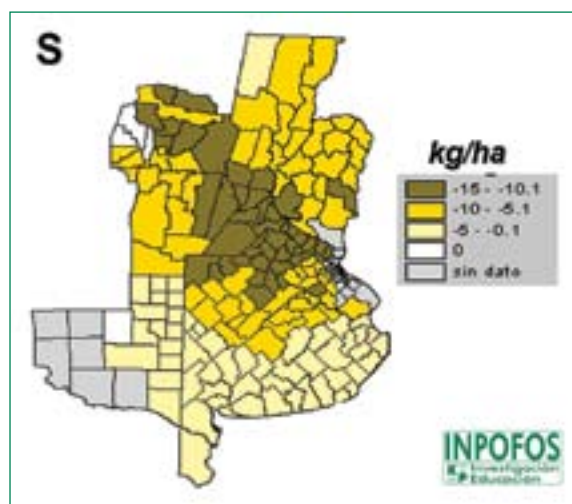
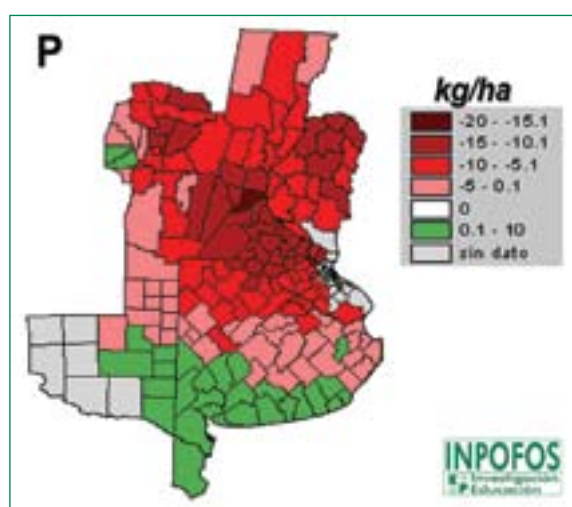
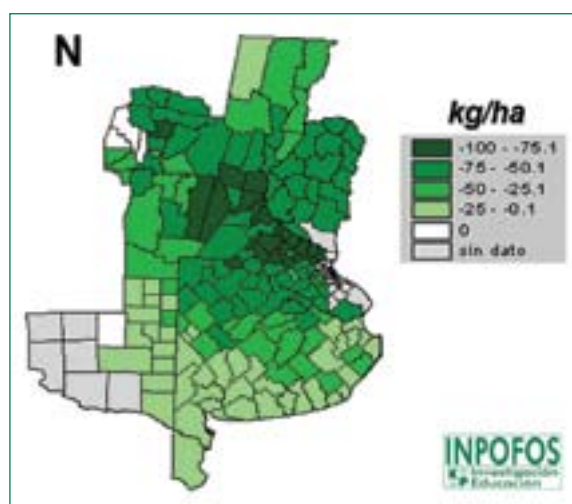


Figura 3. Balances estimados de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), en los partidos y/o departamentos de las provincias de la región pampeana argentina para la campaña 2002/03. Los balances se estimaron a partir de la diferencia entre la extracción de nutriente en grano y la aplicación vía fertilización en soja, trigo, maíz y girasol. Elaborado a partir de información de F.P.C. y A.C.F.

García F. 2005. Soja. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 27:1-6. INPOFOS Cono Sur. Acaassuso, Buenos Aires, Argentina.

Salvagiotti F., G. Gerster, S. Bacigalupo, J.

Castellarín, C. Galarza, N. González, V. Gudelj, O. Novello, H. Pedrol, y P. Vallote. 2005. Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. *Ciencia del Suelo* 22(2):92-101. ■

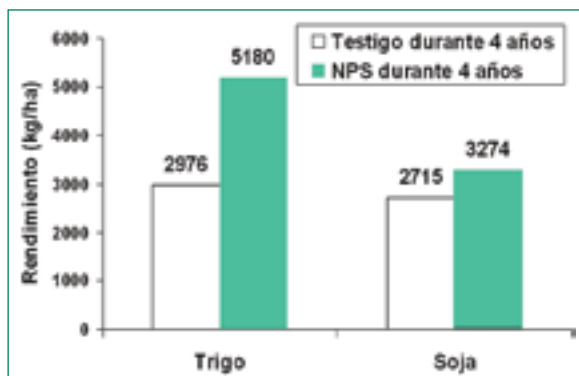


Figura 4. Rendimientos de trigo y soja de segunda sobre parcelas Testigo o fertilizadas con NPS (dosis de reposición de NPS extraídos en grano), en los 4 años previos. Los dos tratamientos fueron fertilizados a la siembra del trigo con 86 kg N + 27 kg P + 10 kg S. Información de la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe, Campaña 2004/05.

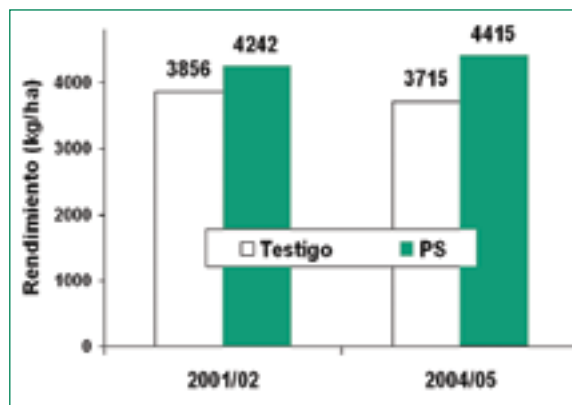
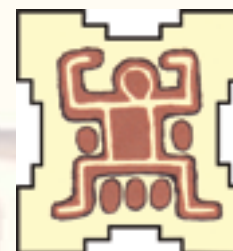


Figura 5. Rendimientos de soja de primera en tratamientos sin fertilizar y fertilizado con fósforo (P) y azufre (S). Promedios de 10 y 6 ensayos en las campañas 2001/02 y 2004/05, respectivamente. Información de la Red Nutrición en la Rotación de AAPRESID-INPOFOS.



XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo
y Primera Reunión de Suelos de la Región Andina
Salta-Jujuy, 18-22 de Septiembre de 2006



La Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACCS) y la Comisión Organizadora del "XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo" invitan a participar del mismo a socios, investigadores, profesionales, organismos oficiales y privados, empresas, productores y estudiantes de nuestro país y del extranjero comprometidos con el estudio y desarrollo del conocimiento del suelo.

Fecha de recepción de trabajos:

1 de octubre de 2005 hasta el 12 de mayo de 2006.

Más información en:

Fondo Especial del Tabaco . Pueyrredón 378, Salta. Tel. (0387)-4220300
comision@suelossaljuy.org.ar
www.suelossaljuy.org.ar - www.suelos.org.ar

Costos de inscripción:

	Socio Activo de la AACCS (con cuota al día)	Adherente o No Socios	Oyentes, Estudiantes de grado(*)
Inscripción hasta el 31/05/06 (\$)	150	300	50
Inscripción después del 31/05/06 (\$)	200	400	70

(*) Con presentación de Libreta Universitaria

Rendimiento de cultivos de trigo en la región pampeana inoculados con *Azospirillum brasilense*

Martín Díaz-Zorita¹, Rafael M. Baliña², María V. Fernández-Canigia³, Alejandro Perticari⁴

¹CONICET-FAUBA, Díaz-Zorita, Duarte & Asoc. y Nitragin Argentina S.A.

²Nitragin Argentina S.A., ³Actividad Privada, ⁴IMyZA INTA Castelar
mdzorita@speedy.com.ar

La actividad biológica y microbiológica de los suelos tiene un papel preponderante en el logro de cultivos de alta producción. Los microorganismos en asociación con cultivos son importantes tanto tecnológicamente como para la evolución de las especies. Tecnológicamente, como insumos para mejoramiento de producción y el control ambiental y, desde el punto de vista de la evolución de las especies, a partir del mantenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas (Lynch, 2002; Osinski et al., 2003). El mejoramiento en la calidad de la microflora de suelos agrícolas a partir de la incorporación de organismos seleccionados por sus funciones en diversos procesos que contribuyen con la implantación, desarrollo y producción de cultivos es una alternativa que contribuiría al logro de mejores cultivos (Caballero-Mellado et al., 1992).

La rizosfera se caracteriza por presentar una alta concentración de nutrientes en comparación con el resto del suelo en respuesta a la presencia de compuestos liberados por las plantas (Rovira, 1973). En este ambiente se desarrollan microorganismos en cantidades muy superiores a las encontradas en el resto del suelo, muchos de los cuales presentan características de promoción del crecimiento vegetal que son deseables para el logro de cultivos de alta productividad. Los mecanismos que explicarían las respuestas en desarrollo y producción de los cultivos a la inoculación con rizobacterias pueden ser directos al favorecer a las plantas mejorando su nivel de nutrición (incluyendo la disponibilidad de agua), facilitar la disponibilidad de nutrientes o incrementar la superficie de absorción de las raíces. También, los mecanismos descritos en relación a la actividad de rizobacterias pueden ser indirectos a través de la interacción con otros microorganismos de manera tal de facilitar el normal desarrollo de las plantas (Dobbelaere et al., 2003). Algunos de estos microorganismos han sido eficientemente aislados y multiplicados, permitiendo así la formulación de inoculantes para su aplicación en escala de producción (Bashan, 1998).

Entre los microorganismos que son evaluados por su potencial contribución al desarrollo de las

plantas se encuentra *Azospirillum brasilense*. Algunos antecedentes muestran efectos en la fijación libre del nitrógeno atmosférico, la producción y liberación de hormonas promotoras del crecimiento radical (ej. auxinas, giberelinas, citoquininas), y de enzimas tales como las pectinolíticas, distorsionando la funcionalidad de células de las raíces y el aumento en la producción de exudados y promoviendo al crecimiento de otros organismos rizosféricos (Bayan y Levanony, 1990; Okon y Labandera-González, 1994b). En Argentina, a nivel experimental de comparación de cepas, existen antecedentes de mejoras en la producción en grano en la región semiárida con *Azospirillum brasilense* en varios cultivares de trigo (Rodríguez Cáceres et al., 1996), no obstante, en ensayos de producción se han observado resultados contradictorios, con ausencia de respuesta en Córdoba (Olmedo et al., 2002) y con respuestas medias de 325 kg ha⁻¹ en Balcarce, Buenos Aires (Cattáneo et al., 1996).

Nitragin Argentina SA en convenio con el INTA desarrolló un inoculante líquido con *Azospirillum brasilense* que fue intensamente evaluado en trigo y otros cultivos. Es objetivo de este artículo presentar los resultados logrados sobre 237 sitios experimentales con cultivos de trigo en la región pampeana entre las campañas 2002 y 2005.

Metodología

En cada uno de los 237 sitios experimentales, los tratamientos consistieron en la siembra de trigo inoculado sobre las semillas en el momento de la siembra y sin inocular. Se empleó el inoculante con *Azospirillum brasilense* (cepa Az39 del INTA Castelar), provisto por Nitragin Argentina S.A., a razón de hasta 1 litro cada 100 kg de semillas con un recuento de 1×10^8 ufc/ml al momento de la aplicación, proveyendo más de 2×10^6 bacterias por semilla. La aplicación del inoculante fue independiente y posterior o simultáneamente a otros tratamientos de semillas (i.e. curasemillas).

Entre otras evaluaciones, en algunos de los sitios se determinó la biomasa aérea y radical en pleno macollaje (septiembre) y la producción de granos y componentes del rendimiento (número de espigas

por unidad de superficie, peso individual de granos y número de granos por espiga) en madurez fisiológica. Los cultivos fueron manejados (fechas y densidad de siembra, tratamientos de semillas, sistemas de labranza, protección, etc.) de acuerdo a condiciones de manejo de cultivos de alta producción en cada una de las regiones bajo evaluación. En la mayoría de los casos, los cultivos se sembraron durante los meses de junio, tanto bajo prácticas de siembra directa como con laboreo, con semillas tratadas previamente con curasemillas, con fertilización fosfatada y nitrogenada y aplicaciones de fungicidas para la prevención de enfermedades durante el desarrollo y formación del rendimiento.

Resultados y discusión

• Producción inicial de biomasa aérea y de raíces

En los cultivos tratados con *Azospirillum brasilense* la producción de materia seca aérea y de raíces fue generalmente mayor que en los controles sin la aplicación de este tratamiento (Fig. 1). Este comportamiento es concordante con los efectos esperados por la presencia del microorganismo permitiendo mejoras relevantes en el crecimiento inicial del cultivo y en su capacidad de exploración del suelo y uso eficiente de recursos tales como agua y nutrientes.

• Componentes del rendimiento

Las mejores condiciones de crecimiento inicial condujeron en promedio a una mayor producción de

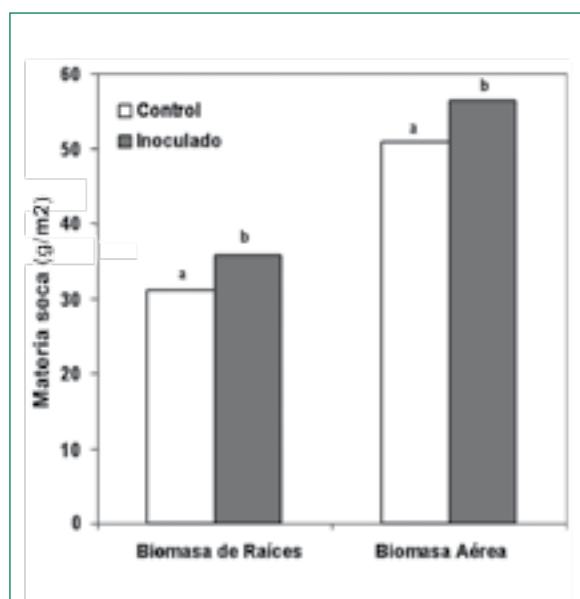


Figura 1. Materia seca aérea y de raíces de trigo según tratamientos de inoculación con *Azospirillum brasilense* en 34 sitios experimentales de la región pampeana (Campaña 2002-03).

espigas por unidad de superficie y, fundamentalmente, a aumentos en el número de granos (Tabla 1). Los efectos de este tratamiento sobre el peso individual de los granos no fueron significativos. Estos resultados coinciden con las observaciones de diversos estudios en relación a los efectos de la inoculación con *Azospirillum sp.*, describiendo mejoras en las etapas de definición del número de granos en respuesta a un ambiente de crecimiento vegetativo favorable (Okon y Labandera-González, 1994a).

• Producción de grano

Los rendimientos de trigo variaron entre 850 y 8050 kg/ha mostrando en promedio una respuesta positiva a la aplicación del inoculante líquido con *Azospirillum brasilense*. En promedio para las 4 campañas bajo estudio, el tratamiento inoculado con *Azospirillum brasilense* indujo aumentos de 229 kg ha⁻¹, equivalente a aproximadamente el 6.5% de mejora sobre el control sin inoculación. Los niveles de respuesta y la cantidad proporcional de sitios con mejoras en rendimientos en cultivos tratados con *Azospirillum sp.*, son coincidentes con información analizada a nivel mundial (Okon y Labandera-González, 1994a).

En la medida que los rendimientos medios de los sitios fueron mayores (ambientes con menor incidencia de factores limitantes de la producción del cultivo), la diferencia entre tratamientos de inoculación, en términos absolutos, también aumentó. Se observó que los cultivos inoculados presentaron una mayor respuesta ($P < 0,002$) al mejoramiento en las condiciones ambientales de producción que aquellos sin este tratamiento. Estos resultados coinciden con otros autores que encuentran respuestas en suelos donde las productividades normales son medias a altas, mientras que en condiciones adversas, como estrés salino severo, el *Azospirillum sp.* no puede ni siquiera adherirse a la raíz (Jofré et al., 1998).

En los sitios donde se evaluó la interacción entre los tratamientos de inoculación con *Azospirillum brasilense* y prácticas de fertilización, nitrogenada o fosfatada, se observó que el efecto promotor del crecimiento vegetal fue independiente de la aplicación de los tratamientos de fertilización (Fig. 2). Estos resultados

Tabla 1. Componentes medios del rendimiento y producción de grano en 217 cultivos de trigo según tratamientos de inoculación con *Azospirillum brasilense*. Campañas 2002 a 2004

	Control	Tratado
Espigas m ⁻²	438	448
Granos espiga ⁻¹	22,8	23,3
Peso de granos (mg grano ⁻¹)	35,7	36,4
Número de granos m ⁻²	9989	10445

refuerzan los supuestos de actividad de promoción global del crecimiento vegetal inducido por las rizobacterias permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos del ambiente provistos por la incorporación de prácticas de nutrición de los cultivos (Bashan y Holguin, 1997).

Estos resultados muestran que el tratamiento de inoculación de semillas de trigo con *Azospirillum brasilense* es una alternativa factible para mejorar la eficiencia de aprovechamiento recursos que hacen al logro de cultivos de alta producción en ambientes representativos de la región pampeana y en escala de producción. La contribución de la inoculación se incrementó en la medida que los ambientes evaluados mostraron menores limitaciones a la producción del cultivo.

Referencias

- Bashan, Y.** (1998). Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.*, 16: 729-770.
- Bashan, Y.; y Holguin, G.** (1997). *Azospirillum* - plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). *Can. J. Microbiol.*, 43: 103-121.
- Bayan, Y.; y Ievanony, H.** (1990). Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. *Can. J. Microbiol.*, 36: 591-608.
- Caballero-Mellado, J.; Carcano-Montiel, M. G.; y Mascarua-Esparza, M. A.** (1992). Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Symbiosis*, 13: 243-253.
- Cattáneo, S. H.; Creus, C. M.; Bariffi, H.; Sueldo, R. J.; y Barassi, C. A.** (1996). Estudios a campo sobre la acción de *Azospirillum* en trigo sometido a estrés hídrico. II. Rendimiento y sus componentes. En: Actas XXI Reunión Nacional de Fisiología Vegetal. Mendoza. Argentina. 296-297 p.
- Dobbelaere, S.; Vanderleyden, J.; y Okon, Y.** (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 22: 107-149.
- Jofré, E.; Fischer, S.; Rivarola, V.; Balengo, H.; y Mori, G.** (1998). Saline stress affects the attachment of *Azospirillum brasilense* Cd to maize and wheat roots. *Can. J. Microbiol.*, 44: 416-422.
- Lynch, J. M.** (2002). Resilience of the rhizosphere to anthropogenic disturbance. *Biodegradation*, 13: 21-27.
- Okon, Y.; y Labandera-González, C. A.** (1994a). Agronomic applications of *Azospirillum*. Improving Plant Productivity with Rhizosphere Bacteria. Proceedings of the Third International Workshop on Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. CSIRO, Adelaide, South Australia. Adelaide, Australia
- Okon, Y.; y Labandera-González, C. A.** (1994b). Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biol. Biochem.*, 26: 1591-1601.
- Olmedo, C.; Thuar, A.; Rivieri, E.; y Avanzini, G.** (2002). Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* en un cultivo de trigo a campo. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS, Puerto Madryn, Chubut. Argentina. Puerto Madryn, Chubut. Argentina. p. en CD.
- Osinski, E.; Miier, U.; Büchs, W.; Weickel, J.; y Matzdorf, B.** (2003). Application of biotic indicators for evaluation of sustainable land use - current procedures and future developments. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 98: 407-421.
- Rodríguez Cáceres, E. A.; González Anta, G.; López, J. R.; Di Ciocco, C. A.; Pacheco Basurco, J. C.; y Parada, J. L.** (1996). Response of field-grown wheat to inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus polymyxa* in the semiarid region of Argentina. *Arid Soil Res. Rehab.*, 10: 13-20.
- Rovira, A. D.** (1973). Zones of exudation along plant roots and spatial distribution of micro-organisms in the rhizosphere. *Pestic. Sci.*, 4: 361-366. ■

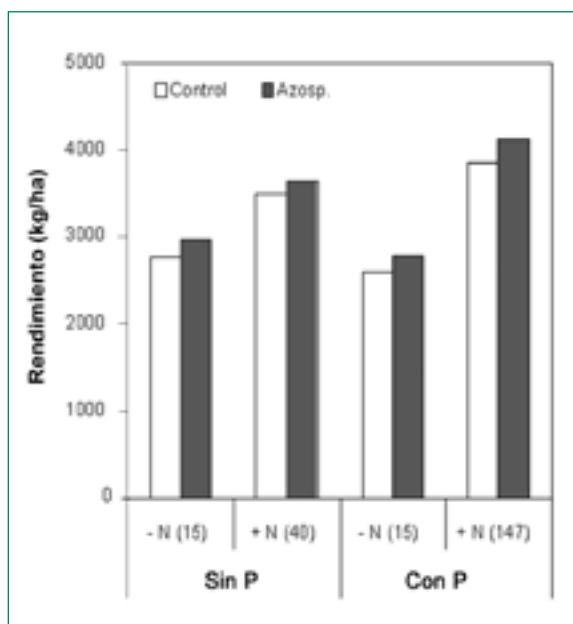


Figura 2. Producción de grano de trigo según tratamientos de fertilización e inoculación con *Azospirillum brasilense*. Campañas 2002 a 2004. Entre paréntesis se presentan la cantidad de casos considerados.

Verdeos de invierno: Requerimientos de agua y nutrientes y experiencias de fertilización en la región semiárida pampeana

Alberto Quiroga, Romina Fernández y Matías Saks
EEA INTA Anguil – Anguil, La Pampa, Argentina
aquiroga@anguil.inta.gov.ar

En la región semiárida pampeana, el requerimiento promedio de agua en verdeos de invierno, en el período comprendido entre fines de marzo y agosto, es del orden de 240 mm (alcanzando valores de 320 mm), con una eficiencia promedio de 11 kg de materia seca/ha.mm. Con adecuada nutrición esta eficiencia puede superar los 15 kg/ha.mm. Para un período de 120 días (30 de marzo a 30 de julio), existe una probabilidad menor al 10% de que las precipitaciones cubran el total de los requerimientos del cultivo (240 mm). Asumiendo que a la siembra exista en el suelo una disponibilidad de agua de 100 mm (dependerá del manejo previo), las precipitaciones deberían alcanzar 140 mm para cubrir las necesidades de agua de un verdeo de buena producción. La probabilidad de ocurrencia de precipitaciones de esta magnitud es de aproximadamente un 50%. Por lo tanto, puede inferirse que la disponibilidad de agua frecuentemente limita la productividad de los verdeos y que el manejo del agua previo a la siembra condicionaría significativamente su productividad.

Al respecto, resulta particularmente importante la influencia del cultivo antecesor. Así la ubicación de los verdeos en la secuencia de cultivos es uno de los aspectos más significativos por los efectos que distintos antecesores (trigo, girasol, pastura, y en los últimos años soja) poseen sobre propiedades edáficas que condicionan su productividad (contenido de agua y nitratos), limitando en muchos casos a otras prácticas de manejo como longitud de barbecho, niveles de cobertura y respuesta a la fertilización.

- **Pasturas:** Los lotes de praderas que tienen un barbecho de 60-90 días presentan normalmente valores altos de nitratos (mayores a 60 ppm), situación que no se comprueba con barbechos menores a 30 días. En estos casos, a pesar que los lotes pueden contar con niveles altos de materia orgánica (mayor fertilidad potencial), y si la recarga de agua es importante, puede ser conveniente realizar fertilización de "arranque" con nitrógeno (N) o con N-fósforo (P), principalmente en aquellos lotes con menos de 30 kg de N/ha a 0-40 cm y cuando se establecen cultivares de rápido crecimiento inicial (ej. centeno Quehue).
- **Trigo:** Al posibilitar barbechos más largos estos lotes cuentan con buena disponibilidad de agua (100-

160 mm) y contenidos medios a altos de nitratos que frecuentemente dan lugar a verdeos de muy buena producción. En estos casos se ha comprobado importante respuesta a P, tanto en la región de la planicie con tosca como en suelos de las planicies arenosas del Este de La Pampa y Oeste de Buenos Aires.

- **Girasol:** En general, los suelos provenientes de girasol presentan bajos niveles de nitratos, y cuando la disponibilidad de agua lo permite (mayor a 80 mm) es necesario recurrir a la fertilización nitrogenada para alcanzar producciones medias a buenas. Con baja disponibilidad de agua y nitratos, la producción se reciente y la respuesta a la fertilización nitrogenada no es importante. Estos lotes pueden resultar adecuados para establecer verdeos de utilización más tardía (por ej. ryegrass, triticale).
- **Soja:** En los últimos años, debido al avance de la agricultura, y sobre todo del cultivo de soja, se están realizando siembras muy tardías de verdeos que dan lugar a aprovechamientos tardíos (julio-agosto). Las siembras aéreas realizadas en marzo/abril sobre el cultivo de soja podrían incrementar la producción de estos verdeos (consultar Boletín 87, EEA INTA Anguil).

Objetivos de la fertilización

Esta práctica trata de optimizar la oferta forrajera a partir de las siguientes premisas:

- 1-Aumento de la productividad.
- 2-Estabilización de la producción (cantidad y calidad).
- 3-Reducción significativa del costo de la materia seca (MS) producida.
- 4- Mayor eficiencia en el uso del agua.

A partir de una red de ensayos, utilizando dosis de 40 kg de N, se estudió el efecto de aplicaciones a la siembra (40+0), después del primer corte (0+40) y fraccionada (20+20). Los resultados mostraron una mayor eficiencia de uso del N en **aplicaciones tempranas** (entre siembra y dos hojas), esta mayor respuesta a N, durante este período, se relacionó con una mayor disponibilidad de agua (consultar Boletín 61 de EEA INTA Anguil). Sin embargo, en Haplustoles con bajo contenido de P, se observó solo una importante res-

puesta a la fertilización cuando N y P fueron aplicados conjuntamente.

La Figura 1 muestra los rendimientos relativos de MS de centeno (cultivar Quehue) para los tratamientos testigo y fertilizado con N, P, y NP en un suelo con baja disponibilidad de P (5.5 ppm). El N se aplicó en forma líquida antes de la siembra, utilizando UAN (32% de N). Se aplicó una dosis equivalente de 42 kg N/ha. El P se aplicó a la siembra (10 kg P/ha).

Durante 2003, se realizó un ensayo similar (con N y P) en la localidad de 30 de Agosto (Buenos Aires), sobre un Hapludol con bajo contenido de P (8 ppm). En la Figura 2 se observa la producción de MS de ryegrass Magnum, con respuestas a la fertilización que superaron los 3000 kg/ha de MS (total de los cortes).

Durante 2005, a solicitud de productores, se evaluó la respuesta de verdeos a distintas fuentes, dosis y formas de aplicación de fertilizantes nitrogenados, solos y combinados con azufre (S). A manera de ejemplo, la Figura 3 muestra los resultados del primer corte en uno de los ensayos establecidos en Anguil (La Pampa), comprobándose una importante respuesta al agregado de N y S. Se presentan la respuesta promedio en virtud de no registrarse diferencias entre distintas fuentes nitrogenadas.

En otra serie de ensayos realizados en 2005, se evaluó la forma de aplicación de los fertilizantes líquidos

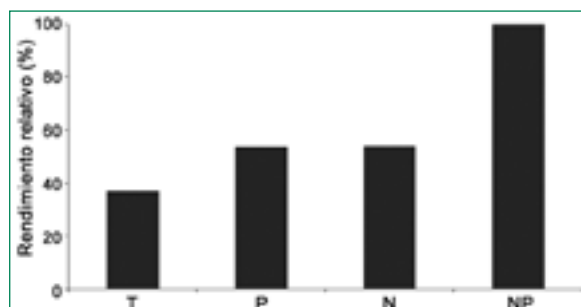


Figura 1. Rendimiento relativo de materia seca de centeno fertilizado y sin fertilizar, en Bernasconi (La Pampa). T: testigo, P: fósforo, N: nitrógeno, NP: nitrógeno y fósforo (100% de rendimiento relativo).

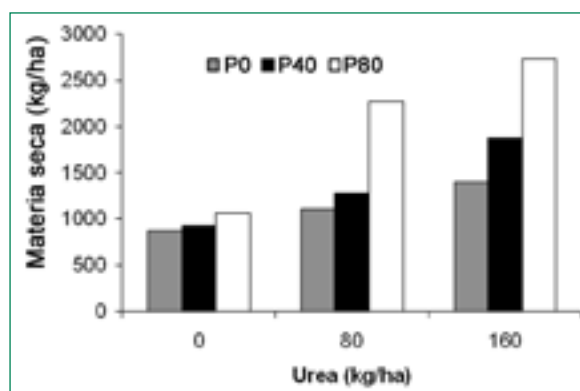


Figura 2. Respuesta a la aplicación de N y P sobre la producción de materia seca de ryegrass. 30 de Agosto (Buenos Aires)

a la siembra (variando dosis y combinando N y S). La Figura 4 muestra los resultados promedios de cuatro ensayos establecidos en Anguil y M. Riglos (La Pampa). Si bien los resultados son preliminares parecen indicar que el S fue más influenciado que N por la forma de aplicación. Durante 2006 se abordarán con mayor detalle estos aspectos.

Los resultados de la Figura 5, utilizando nitrato de amonio calcáreo, confirman lo obtenido con otras fuentes nitrogenadas (sólidas y líquidas) respecto de que la principal respuesta tiene lugar con dosis de 40 kg de N/ha. Se infiere que en muchos casos la disponibilidad de agua limita la respuesta a dosis mayores de N y que cuando el antecesor posibilita una recarga importante del perfil (por ej trigo), también la disponibilidad de N es alta y, consecuentemente, la respuesta también es a bajas dosis.

Requerimientos nutricionales de verdeos

En el marco del proyecto INTA – Asociación Civil Fertilizar (Módulo fertilización larga duración, La Pampa), se realizaron ensayos tendientes a evaluar los requerimientos de N, P y S por tonelada de MS producida. La Tabla 1 muestra los resultados en ryegrass. En esta experiencia, la fertilización incrementó la eficiencia de uso del agua desde 3,5 a 9,3 kg/ha.mm.

La importancia de estos resultados, desde el punto de vista del manejo de la nutrición, es relativa en la medida que no consideremos el **factor cultivar**. Nuestros resultados preliminares muestran que tanto la cantidad como el momento en que son requeridos algunos nutrientes varían entre cultivares. Por ejemplo, en la Figura 6 se muestra que el centeno Quehue acumuló

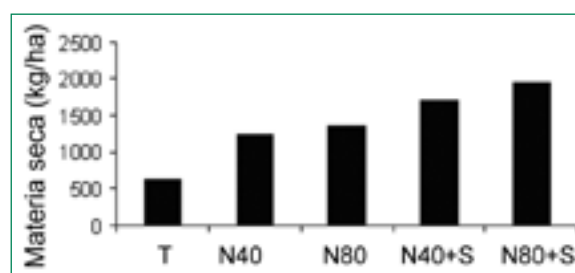


Figura 3. Efecto de la fertilización con N y S sobre la producción de materia seca de triticale (primer corte).

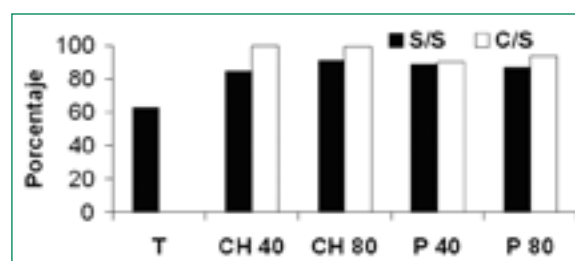


Figura 4. Respuesta de verdeos a la fertilización. T (testigo), .CH (.UAN chorreado), .P (.UAN pulverizado), S/S (sin S), C/S (con S); 40 y 80 corresponde a dosis de N en kg/ha.

MS a una tasa de 26 kg/ha.día durante los primeros 80 días registrándose una disminución en el contenido de N-NO₃ del suelo de 66 kg/ha. Por su parte, en avena Don Victor y centeno Lisandro, la tasa de acumulación de MS fue de 15 kg/ha día y la disminución del contenido de N-NO₃ de 40 kg/ha. Estas diferencias en los requerimientos de agua y nutrientes, entre cultivares, prácticamente no han sido abordados ni considerados en la región semiárida y subhúmeda pampeana al momento de definir la estrategia de producción.

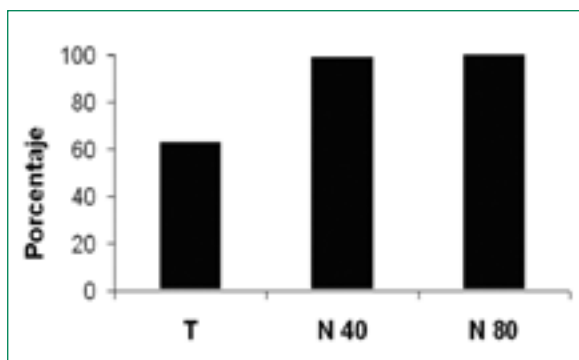


Figura 5. Rendimiento relativo de verdeos con distintas dosis de fertilización nitrogenada como nitrato de amonio calcáreo. Promedios de 4 ensayos.

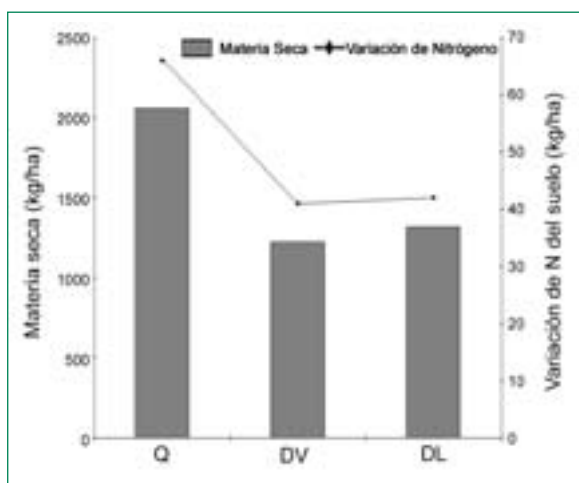


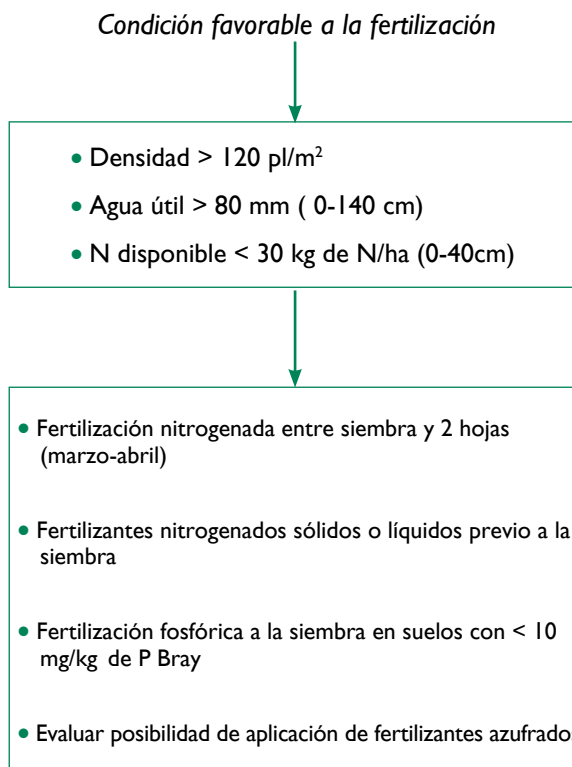
Figura 6. Materia seca del primer corte y variación en el contenido de N-NO₃ del suelo. Centenos Quehue (Q), Lisandro (L) y avena Don Victor (V)

Tabla 1. Contenidos de N, P y S en ryegrass.

Tratamiento	Nutrientes requeridos (kg por t MS)			Nutrientes extraídos en el 1er corte (kg/ha)		
	N	P	S	N	P	S
T	23	3.1	1.6	12.9	1.7	0.9
P	27.1	3.7	1.8	21.3	2.9	1.4
NS	25.4	3.2	1.8	26.9	3.4	2
NPS	28.3	3.3	2.4	35.4	4.1	3
Promedio	26	3.3	1.9			

Conclusiones

No obstante las limitaciones planteadas, la suma de experiencias conducidas permiten elaborar una secuencia-diagnóstico en base a las condiciones que han favorecido la respuesta de los verdeos a la fertilización con N y P:



Trigo: Fertilización con nitrógeno y azufre en el sur y sudoeste bonaerense

**Galantini Juan A. ⁽¹⁾, Landriscini María R. ⁽²⁾, Fernández R. ⁽¹⁾, Minoldo G. ⁽¹⁾,
Cacchiarelli J. ⁽³⁾, y Iglesias J. O. ⁽³⁾**

⁽¹⁾ Investigador de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Pcia. Bs. As.,
CERZOS, Dpto. Agronomía-UNS; ⁽²⁾ CONICET; ⁽³⁾ Dpto. Agronomía-UNS
San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca, Argentina
jgalanti@criba.edu.ar

Introducción

Las características edafoclimáticas que definen el potencial de rendimiento del trigo en el S y SO de la provincia de Buenos Aires son la irregularidad climática con alternancia de años secos y otros húmedos, el déficit hídrico al final de la primavera; los suelos con escasa profundidad que limitan la capacidad de almacenamiento de agua y las diferencias en la capacidad de los suelos para proveer nutrientes. Estas características obligan a realizar un uso eficiente de los principales insumos para la producción de trigo: el agua y el nitrógeno (N).

La materia orgánica (MO) del suelo contribuye de varias maneras para mantener la productividad. Sin embargo, en pocos casos se ha observado una relación cuantitativa directa entre la MO y la productividad (Bauer y Black, 1994). El efecto más importante es indirecto, a través de interacciones con otras propiedades del suelo. Esto se debe a que no toda la fracción orgánica del suelo contribuye de la misma forma a la productividad de los cultivos y, en general, la mayor parte interviene solo indirectamente. La variación de una pequeña parte muy activa será muy difícil de detectar si no se analizan separadamente las diferentes fracciones orgánicas. Las fracciones lábiles son indicadores sensibles para detectar el efecto del manejo del suelo y sus contenidos de N, fósforo (P) y azufre (S) están relacionados directamente con la disponibilidad para los cultivos. Se requieren estudios que confirmen y cuantifiquen estos resultados en regiones climáticamente diversas y que sean suficientemente prolongados en el tiempo para incorporar como herramienta de diagnóstico. Para ello, se planteó una red de ensayos en campos de productores con los siguientes objetivos:

- Determinar la influencia del N disponible en el corto (nitratos) y mediano plazo (materia orgánica joven o particulada), sobre la respuesta a la fertilización en diferentes situaciones y años climáticos;
- Evaluar el efecto de la disponibilidad de N y agua sobre el rendimiento y la calidad del trigo;
- Cuantificar el efecto de la rotación y el climático sobre el balance de agua y N, así como sobre la eficiencia en la producción de materia seca y de grano.

Materiales y métodos

Durante los años 2003 y 2004, se realizó una red de

ensayos de fertilización en 67 lotes de productores de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID, con diferentes dosis de N (0, 25, 50 y 100 kg ha⁻¹), y una dosis combinada de 50 kg de N + 12 kg de S ha⁻¹. Los ensayos se ubicaron en los partidos de Bahía Blanca, Cnel. Dorrego, Tornquist, Pigüe, Cnel. Suárez y Cnel. Pringles. Se tomaron muestras de suelos durante la siembra, entre encañazón-espigazón (fines de octubre) y durante madurez fisiológica a las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60 cm. En el muestreo inicial se determinaron los contenidos de MO, N, P extractable (Pe), pH y posteriormente la MO joven o particulada (MOP, Galantini, 2005), el porcentaje de humedad y los contenidos de nitrógeno y azufre disponibles.

Se tomaron muestras de planta para cuantificar materia seca (MS), nutrientes y balance nutricional del trigo a fines de octubre. A cosecha se tomaron muestras de planta para determinar la producción de grano y paja, así como el contenido de nitrógeno. Se determinaron los parámetros de rendimiento: espigas por unidad de superficie (esp m⁻²), granos por espiga (granos esp⁻¹) y peso de los granos (P₁₀₀₀).

Una fuerte sequía inicial y lluvias adecuadas a partir de fines de septiembre - principios de octubre, caracterizaron climáticamente el año 2003, mientras que el 2004 presentó una mejor distribución de las precipitaciones.

Resultados

El aumento en la disponibilidad de N incrementó el rendimiento y la variabilidad de la respuesta a la fertilización (Tabla I). Generalmente, tanto la producción de materia seca como la de grano están fuertemente relacionadas con la disponibilidad de N (proveniente del suelo y del fertilizante). Sin embargo, la eficiencia fue variable. Bajo condiciones limitantes de N, el cultivo lo usó más eficientemente y el rendimiento final fue menos variable. Por cada kilo de N disponible (N-nitratos a la siembra + N fertilizante), el promedio de los testigos produjo cerca de 43 kg de grano, mientras que los que tenían la máxima dosis de fertilizante (100 kg N), produjeron 23 kg de grano por kg de N disponible.

El N favoreció el desarrollo inicial del cultivo, produciendo mayor cantidad de materia seca durante encañazón y mayor número de espigas por unidad de superficie. La región en estudio está caracterizada por

alta variabilidad en el régimen hídrico, con marcado déficit durante la etapa final de los cultivos de invierno y por la escasa profundidad de suelo, lo que limita la capacidad de almacenamiento del agua durante el barbecho. En estas condiciones, el aumento de la MS producida por el cultivo genera mayores requerimientos hídricos, los que no siempre pueden ser satisfechos. Esta situación hace que no toda la MS producida pueda traducirse en grano, reflejándose en menores índices de cosecha (Figura 1).

Para las condiciones de los dos años estudiados, la máxima producción de MS a cosecha estuvo asociada a disponibilidad de N entre 100 y 150 kg ha⁻¹. Además, la relación encontrada entre el N disponible y la producción fue baja ($R^2 = 0,15$), poniendo en evidencia que la mayor parte de la variación del rendimiento se debió a otros factores, particularmente en estos casos al agua. Es decir, la disponibilidad de agua, sea por cantidad y distribución de las lluvias, como por las características del manejo, fue el factor que más afectó el rendimiento.

El análisis de los factores de rendimiento (Tabla 1) permitió discriminar como fue el efecto en las diferentes etapas del ciclo del cultivo. Se observó un efecto importante y creciente durante los primeros estadios, en el que el fertilizante estimuló la formación de macollos y la diferenciación de espigas fértiles. Posteriormente,

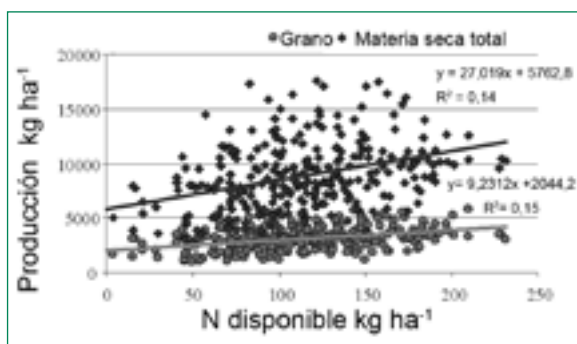


Figura 1. Relación entre el nitrógeno disponible (N de nitratos a la siembra + N fertilizante), y la producción de grano y de materia seca total en los diferentes tratamientos de los ensayos realizados durante el 2003 y 2004.

hubo un ligero aumento en el número de granos por espiga, mientras que en la etapa de llenado del grano no se observaron diferencias debidas a la disponibilidad de N, si bien los valores de peso de grano tendieron a caer con la dosis más alta.

El parámetro de rendimiento más importante fue la cantidad de espigas por m², el que debería ser cuidadosamente manejado teniendo en cuenta la disponibilidad de agua y la expectativa de precipitaciones durante la etapa final del cultivo.

Efecto de la fertilización con azufre

El efecto de la combinación de N y S fue significativo y variable en el tiempo. En encañazón, la aplicación de S produjo un incremento en la MS producida en aproximadamente el 80% de los ensayos. A cosecha, la respuesta fue significativa en aproximadamente el 30% de los ensayos. Posiblemente, y como ya fue analizado, la mayor producción de MS en esta región genera demandas hídricas que no pueden ser satisfechas, haciendo que este incremento no llegue a traducirse en mayores granos. Aún así, el incremento promedio de todos los ensayos por el agregado de S fue cercano a 190 kg de grano ha⁻¹ aumentando la variabilidad en el rendimiento.

Varios estudios han puesto en evidencia que debe haber un equilibrio entre la disponibilidad de N y S (Zhao et al., 1999). En la medida que el rendimiento objetivo varía, en función del manejo agronómico y las características edafoclimáticas, tanto el requerimiento de N como el de S serán diferentes.

La materia orgánica particulada o “juven”

Los resultados obtenidos para el conjunto de los ensayos puso de manifiesto una pobre relación de la MOP con los rendimientos ($R^2=0,16$), aunque fue complementaria a la información brindada por el N disponible ($R^2>0,30$). Sin embargo, la influencia de la disponibilidad hídrica sobre la producción de MS y rendimiento en grano fue mucho más importante. Resulta necesario realizar análisis particulares de las

Tabla 1. Producción promedio de 67 ensayos en rendimiento en grano, producción de materia seca (MS), parámetros de rendimiento, contenido de N y eficiencia de uso del N disponible (N-nitratos siembra + N fertilizante).

	Dosis de Nitrógeno, (kg/ha)				
	0	25	50	100	50+S
Grano (kg ha ⁻¹)	2432	2894	3222	3568	3412
DS	929	927	943	1084	1061
MS total (kg ha ⁻¹)	6971	8236	9271	10188	9736
Espigas (unidades m ⁻²)	304	332	361	404	385
Granos/espiga	23	24	25	26	25
Peso grano (mg)	36	37	37	36	36
N en grano (kg ha ⁻¹)	29.8	36.2	43.2	52.0	45.5
EUN (kg grano kg ⁻¹ N)	42.8	34.1	29.2	22.8	31.5

DS, Desvío Standard; MS, Materia Seca total aérea; EUN, Eficiencia en el uso del nitrógeno

situaciones semejantes entre sí, considerando las características relacionadas con el balance hídrico: rotación de cultivos, capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, así como la cantidad y distribución de las lluvias durante el ciclo del cultivo.

Conclusiones

Por las condiciones de la región y teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante los dos años de experiencia, se puede concluir que:

- La disponibilidad de agua es el principal factor limitante y con alto grado de aleatoriedad (tanto en cantidad como en distribución), y debe ser considerado en el momento de definir el rendimiento objetivo posible de lograr.
- La aplicación de N debe estar de acuerdo con el objetivo anterior, buscando maximizar la eficiencia (agronómica y económica) en el uso del N.
- La respuesta a la fertilización azufrada no pudo ser explicada satisfactoriamente por la disponibilidad de S como sulfatos al momento de la siembra, siendo necesario buscar nuevos indicadores (Galantini et al., 2003).
- Se debe plantear un adecuado balance entre la disponibilidad de N y S disponibles, para maximizar la eficiencia en el proceso de producción del trigo.

Bibliografía

- Bauer A y A.L. Black.** 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:185-193.
- Galantini J.A.** 2005. Separación y análisis de las fracciones orgánicas. En: Manual "Información y Tecnología en los Laboratorios de Suelos para el Desarrollo Agropecuario Sostenible" (Eds. L. Marban y S. Ratto) de la AACCS. Capítulo IV parte 2, 95-106.
- Galantini J.A; M.R. Landriscini y R. Fernández.** 2003. Disponibilidad de azufre para los cultivos. *Revista Fertilizar* 32: 18-21.
- Zhao F.J., S.E. Salmon, P.J.A. Withers, J.M. Monaghan, E.J. Evans, P.R. Shewry y S.P. McGrath.** 1999. Variations in the breadmaking quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. *J. Cereal Sci.* 30: 19-31.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado por los productores de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID, la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) y el CONICET (PIP 03005/2000). ■

Congresos, Cursos y Simposios

Esta sección presenta eventos futuros en el ámbito regional e internacional que pueden ser de interés de los lectores

IV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo (Bolivia)

Lugar y fecha: Tarija (Bolivia), 8-11 Marzo de 2006.
Información: Universidad Autónoma Juan Misael Caracho (Tarija, Bolivia) - www.uajms.edu.bo/congreso_suelos/

Jornada de Actualización en Trigo - Córdoba 2006

Lugar y fecha: Córdoba (Argentina), 30 Marzo de 2006.
Información: Juan Carlos Vaca (Agroverdad).
Tel/Fax (0351) 4221398. jcvaca@arnet.com.ar

Simposio "Nitrógeno y Azufre en la Agricultura Brasileña"

Lugar y fecha: Piracicaba (SP, Brasil), 17-19 Abril 2006.
Información: ESALQ-FEALQ-GAPE. Tel. (55) (19) 3417-6604 o 3417-2138 / 3417-2104
<http://www.fealq.org.br> - <http://www.esalq.usp.br>

3er Simposio Internacional "Dinámica de fósforo en el sistema suelo-planta"

Lugar y Fecha: Uberlândia, Minas Gerais, Brazil Mayo 14-19, 2006.
Información: www.cnpms.embrapa.br/simposio/

Congreso "A Todo Trigo" 2006

Lugar y Fecha: Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina. 18 y 19 Mayo 2006.
Información: Federación Centros de Acopiadores y Entidades Gremiales de Cereales - www.atodotrigo.com.ar

IV Congreso Iberoamericano de Física y Química Ambiental

Lugar y Fecha: Cáceres (España), 22-26 Mayo 2006.
Información: jgallard@usal.es

IV Congreso Brasileiro de Soja

Lugar y fecha: Londrina, Paraná, Brasil. 5-8 Junio 2006.
Información: EMBRAPA Soja. Tel. (43) 3371-6336
cbsoja4@cnpso.embrapa.br - www.cnpso.embrapa.br/cbsoja

Mundo Agro 2006

Lugar y fecha: Hotel Hilton, Buenos Aires, Argentina. 22 y 23 Junio 2006.
Información: SEMA. Tel/Fax: 54-11-4322-6210
sema@serviciosmarketing.com.ar

III Congreso de Soja del MERCOSUR-Mercosoja 2006

Lugar y fecha: Rosario, Argentina. 27-30 Junio 2006.
Fecha límite de presentación de trabajos: 5/5/2006.
Información: ACSOJA
congresomercosoja@acsoja.org.ar - www.acsoja.org.ar

IV Simposio sobre Suelos Volcánicos Degradados

Lugar y fecha: Morelia, Estado de Tlaxcala, México. Del 1 al 8 de Julio 2006
Información: Dr. Christian Prat. Institut de Recherche pour le Développement - IRD Mexico, Calle Ciceron 609. Col. Los Morales. MDM POLANCO A.P. 297. 11550 MEXICO
Tel.:52-443-325-3173 o 3178 FAX: 52-435-352-3172
<http://www.isvo06.org/index.html> - information@isvo06.org

18°. Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: Filadelfia, Pensilvania, EE.UU. 9-15 Julio 2006
Información: 18wcss@soils.org - www.18wcss.org

XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: Salta-Jujuy, 18-22 Septiembre de 2006.
Información: www.suelossaljuy.org.ar - www.suelos.org