

Avances en el manejo nutricional de los cultivos de trigo

Fernando O. García

El rendimiento del cultivo de trigo en una región determinada es la consecuencia de la interacción entre factores ecológicos, tecnológicos y genéticos. La potencialidad del cultivo de trigo difiere entre las distintas regiones productivas de Argentina debido a factores fundamentalmente climáticos. Sin embargo, en muchos casos, los rendimientos potenciales del cultivo no se alcanzan, debido a la oferta reducida de recursos. La nutrición, y su manejo a través de la fertilización, constituye uno de los principales recursos que limitan la producción de trigo en el país.

En la región triguera argentina, los nutrientes generalmente deficientes son el nitrógeno (N) y el fósforo (P) (Berardo, 1994; Senigagliesi, 1998). En los últimos años, el azufre (S) se ha revelado como deficiente, especialmente en la zona norte de la región pampeana (Martínez *et al.*, 2001). Este escrito presenta una síntesis del estado actual del conocimiento del diagnóstico y manejo de la nutrición de trigo, y de los efectos del manejo nutricional del trigo en el sistema de producción y su interacción con otros factores de producción.

1. Requerimientos nutricionales del cultivo de trigo

La búsqueda de altos rendimientos en el cultivo de trigo implica reconocer que las demandas nutricionales serán mayores, afectando el diagnóstico y manejo de la fertilización. La Tabla 1 muestra los requerimientos y la extracción en grano, según información bibliográfica, para un rendimiento de 6000 kg/ha. Estos requerimientos y extracciones deben considerarse como valores promedio, ya que la concentración de nutrientes en planta y grano es bastante variable, dependiendo de las condiciones de producción, los niveles de rendimiento y la fertilización realizada. A modo de ejemplo, en 140 muestras provenientes de seis sitios de ensayo en la región pampeana norte, la concentración de P en grano varió entre 0.20 % y 0.47 % con un promedio de 0.37 % para rendimientos de 1830 a 6900 kg/ha (promedio de 3858 kg/ha).

Tabla 1. Requerimientos y extracción en grano de macronutrientes, nutrientes secundarios y micronutrientes para rendimientos de trigo de 6000 kg/ha

Nutriente	Requerimiento	Necesidad para 6000 kg/ha	Índice de Cosecha	Extracción de 6000 kg/ha
	kg/t grano	kg/ha		kg
Nitrógeno	30	180	0.66	119
Fósforo	5	30	0.75	22
Potasio	19	114	0.17	19
Calcio	3	18	0.14	2.5
Magnesio	3	18	0.50	9.0
Azufre	4.5	27	0.25	6.8
Boro	0.025	0.150		
Cobre	0.010	0.060	0.75	0.045
Hierro	0.137	0.822		
Manganeso	0.070	0.420	0.36	0.151
Zinc	0.052	0.312	0.44	0.137

2. Diagnóstico y manejo de la fertilización

Existen diferentes alternativas de diagnóstico de la fertilización del cultivo, la mayor parte concentradas en la pre-siembra del mismo (Fig. 1). Muchas de estas metodologías se han desarrollado o validado bajo condiciones de la región pampeada, y otras han sido extrapoladas de otras regiones trigueras del mundo.

2.1. Nitrógeno

Entre los principales métodos de diagnóstico para la fertilización nitrogenada de trigo evaluados en nuestro país se encuentran: 1) balances de N simplificados; 2) evaluación de N disponible en pre-siembra; 3) análisis de planta y 4) modelos de simulación agronómica (MSA) (González Montaner *et al.*, 1987 y 1991; Berardo, 1994; García *et al.*, 1998; Satorre *et al.*, 2001). Estas metodologías son permanentemente actualizadas y calibradas para las distintas zonas. Entre ellas, los MSA constituyen una herramienta muy promisoría para el manejo eficiente del N en el sistema suelo-planta. Ejemplos de MSA calibrados y validados para algunas áreas de la región pampeada, son los generados por la Facultad de Agronomía (UBA) y los grupos CREA para la zona norte de la región pampeana (Satorre *et al.*, 2001), y por González Montaner *et al.* (1997) para la zona sur. Los MSA permiten hacer un uso más eficiente del N del suelo y el N aplicado, ya que integran los factores de suelo, clima y manejo que afectan la dinámica de N y el crecimiento y rendimiento del cultivo.

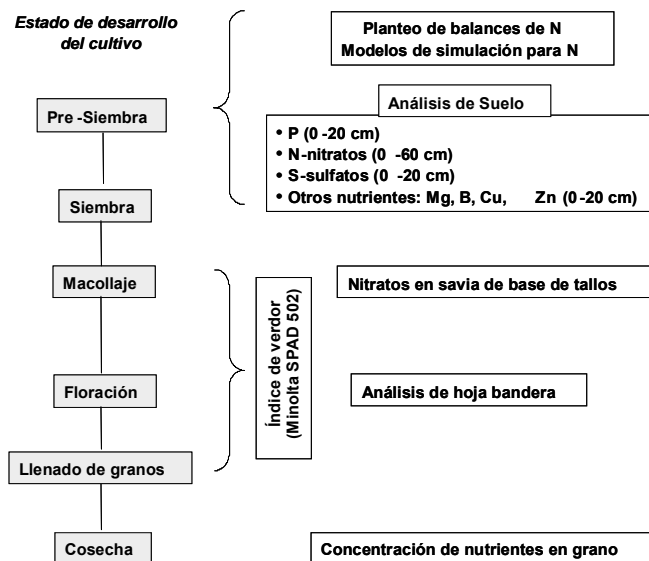


Fig. 1. Alternativas de diagnóstico nutricional del cultivo de trigo desde pre-siembra a cosecha

Para métodos de diagnóstico de la fertilización nitrogenada como la disponibilidad de N a la siembra (N-nitratos, 0-60 cm + N fertilizante), es importante tener en cuenta que los umbrales zonales dependen del nivel de rendimiento objetivo. En el sudeste de Buenos Aires, el umbral de 125 kg/ha de N, determinado inicialmente para rendimientos de 3500-4000 kg/ha (González Montaner *et al.*, 1991), ha sido actualizado a 175 kg/ha para niveles de rendimiento superiores a los 5000 kg/ha (Echeverría *et al.*, 2001; González Montaner *et al.*, 2003). En la región CREA Sur de Santa Fe, se determinó un umbral crítico de 160 kg/ha de N a la siembra (suelo + fertilizante) para un rendimiento de 4500 kg/ha en ensayos realizados en la campaña 2003/04 (Blanco *et al.*, 2004).

La eficiencia de uso del N de los fertilizantes nitrogenados depende del método de aplicación. Cuando el N es incorporado, todos los fertilizantes nitrogenados presentan eficiencias de uso similares. Aplicaciones superficiales de urea o fertilizantes que la contengan, pueden resultar en reducciones significativas en la eficiencia de uso del N aplicado, por la ocurrencia de pérdidas por volatilización de amoníaco. Sin embargo, estas pérdidas, para aplicaciones a la siembra y/o al macollaje de trigo, se ven limitadas por las bajas temperaturas y, según las zonas, en muchos casos por la falta de humedad en el suelo o sobre el rastrojo. Para la zona sudeste de Buenos Aires, las pérdidas no superaron el 10 % del N aplicado superficialmente a la siembra o al macollaje bajo siembra directa (García *et al.*, 1999). Pérdidas del 5-7 % fueron determinadas por Fontanetto *et al.* (2001) para el centro de Santa Fe en aplicaciones superficiales de urea bajo siembra directa en el mes de junio.

Respecto al momento de aplicación, los requerimientos de N son mayores a partir del fin de macollaje, por lo que el nutriente debe estar disponible para ser absorbido por el cultivo en ese momento. Los resultados de las evaluaciones de distintos momentos de aplicación difieren según las condiciones climáticas del año, la zona y los niveles de producción. En condiciones de inviernos de bajas precipitaciones, frecuentes en gran parte de la región triguera argentina, las aplicaciones a la siembra han resultado en una eficiencia de uso del N igual o mayor que la de las aplicaciones al macollaje (Baumer, 1996; Melchiori y Papparotti, 1996; Díaz Zorita, 2000). En el sudoeste de Buenos Aires, Ron y Loewy (2000) reportaron mayores eficiencias de uso de N con aplicaciones divididas (siembra y macollaje). En el sudeste de Buenos Aires, García *et al.* (1998) determinaron eficiencias de uso del N aplicado similares para siembra y macollaje, o mayores para la aplicación en la siembra; por el contrario, Melaj *et al.* (2003) reportan mayores rendimientos y recuperación del N aplicado al macollaje que a la siembra bajo siembra

directa o labranza convencional. Cuando se utilizan dosis elevadas de N, para cultivos de rendimientos superiores, debería considerarse la aplicación dividida del mismo.

2.2. Fósforo

El diagnóstico de la fertilización fosfatada se basa en la disponibilidad de P en la capa superficial, el nivel de rendimiento esperado, y la relación de precios grano/fertilizante. La Tabla 2 presenta las recomendaciones de fertilización fosfatada para trigo en el sudeste de Buenos Aires, de acuerdo al nivel de P Bray en suelo y el rendimiento esperado. Estas recomendaciones se adaptan a otras zonas de la región pampeana. Bajo siembra directa, las evaluaciones de respuesta a la fertilización fosfatada indican que el diagnóstico (profundidad de muestreo y niveles críticos) es similar al utilizado bajo labranza convencional (Zamuner *et al.*, 2003).

Un aspecto importante para el manejo del P es la posibilidad de manejar la “fertilización de la rotación o del suelo” y no solamente la “fertilización del cultivo”. Estudios realizados en el sudeste, sudoeste y centro de Buenos Aires, centro-este de Santa Fe, y oeste de Entre Ríos indican una alta residualidad y baja capacidad de fijación del P aplicado en suelos argiúdoles (Ron y Loewy 1987; Boschetti *et al.*, 1996; Berardo y Grattone., 2000; Vivas, 2003; L. Ventimiglia y col., com. personal).

Tabla 2. Recomendaciones de fertilización fosfatada para trigo según nivel de P Bray y rendimiento esperado (Echeverría y García, 1998)

Rendimiento	Concentración de P disponible en el suelo (mg/kg)						
	Menos 5	5-7	7-9	9-11	11-13	13-16	16-20
t/ha	----- kg P/ha -----						
2	20	15	13	11	9	7	
3	23	19	17	15	13	11	
4	27	22	21	18	17	14	10
5	31	26	24	22	20	18	14
6	34	30	28	26	24	22	17
7	38	33	31	29	28	26	21

En suelos con bajo nivel de P disponible o con dosis bajas de fertilización bajo labranza convencional, la aplicación en bandas cerca de la semilla es más eficiente (Berardo *et al.*, 1999). Sin embargo, trabajos recientes en el norte y sur de la región pampeana han mostrado resultados auspiciosos para las aplicaciones anticipadas de P al voleo en trigo bajo siembra directa (Echeverría *et al.*, 2004).

2.3. Azufre

Las deficiencias de S se observan en suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica, y en suelos con disminuciones importantes de materia orgánica resultado de una agricultura continua altamente extractiva, generalmente con abastecimiento adecuado de N y P. Bajo estas condiciones, se han observado respuestas a la aplicación de S en trigo en el sur y centro de Santa Fe (Martínez *et al.*, 2001; Vivas *et al.*, 2001), centro-oeste de Buenos Aires (M. Díaz Zorita y colaboradores, EEA INTA Gral. Villegas, com. pers.; Carta *et al.*, 2001), y norte de Buenos Aires (Melgar, 1997). En el sudeste de Buenos Aires, se han observado respuestas a S en cultivos de trigo en lotes con más de 8-10 años de agricultura y con antecesor soja (Calviño *et al.*, 2001).

La Tabla 3 muestra los resultados de la inclusión de S sobre trigos fertilizados con N y P en 9 ensayos llevados a cabo entre 1998 y 2002 por diversos autores en el sur de Córdoba y sur de Santa Fe. El diagnóstico para la fertilización azufrada está siendo evaluado en numerosas investigaciones actualmente en curso. Los niveles de S-sulfatos en suelo en pre-siembra pueden ser utilizados en forma orientativa, con umbrales críticos del orden de 10-12 mg/kg S-SO₄²⁻, según la bibliografía internacional. La evaluación de formas orgánicas lábiles del S del suelo y la concentración de S en planta, son elementos de diagnóstico actualmente bajo estudio.

Tabla 3. Rendimiento, respuesta, ingreso bruto, costo y margen bruto con fertilización NP y NPS en trigo. Promedios de nueve ensayos realizados entre 1998 y 2002 en el sur de Córdoba y sur de Santa Fe. Elaborado a partir de información original de INTA M. Juárez, Rafaela y Cañada de Gómez; AAPRESID y AAPRESID-INPOFOS.[#]

Tratamiento	Rendimiento	Respuesta	Ingreso	Costo	Margen
	kg/ha	kg/ha	u\$\$/ha	u\$/ha	u\$\$/ha
Testigo	2069				
NP	2870	801	80	49	31
NPS	3301	1232	123	64	59

[#] Dosis promedio de 50 kg N, 16 kg P y 15 kg S. Precios de 100 u\$\$/t para trigo, y de 0.5, 1.5 y 1 u\$\$/kg para N, P y S, respectivamente

2.4. Otros nutrientes

En general, los suelos de la región pampeana se consideran originalmente bien provistos de otros nutrientes esenciales, como potasio (K), calcio, magnesio (Mg) y micronutrientes. Sin embargo, la intensificación de la agricultura ha resultado en una disminución importante en la disponibilidad de nutrientes. Por lo tanto, las deficiencias de estos nutrientes están y estarán fundamentalmente relacionadas con la historia de manejo de los suelos y cultivos en un área en particular.

En ensayos exploratorios se han reportado respuestas a boro en Alberti (Buenos Aires) (Klein, 2003) y a cloro en el norte y oeste de Buenos Aires (Melgar *et al.*, 2001; Díaz Zorita *et al.*, 2004; Ventimiglia *et al.*, com. pers.). Evaluaciones exploratorias de mezclas de nutrientes “no convencionales”, otros que no sean N, P o S, incluyendo K, Mg, boro, cobre y zinc, incrementaron los rendimientos en 7 de 29 ensayos de las redes de AAPRESID (1999/00 y 2002/03) y CREA Sur de Santa Fe (2001/02, 2002/03 y 2003/04).

3. El manejo nutricional de trigo en el sistema de producción

El manejo de la nutrición y la fertilización deben ser considerados dentro del sistema de producción, y no solamente para el cultivo inmediato. En el caso de trigo, una gran parte de los cultivos de la región pampeana son seguidos por cultivos de soja de segunda. La dinámica de P y S y los resultados de distintas experiencias realizadas en los últimos años, indican que el manejo de la nutrición de la secuencia trigo/soja debe ser evaluado teniendo en cuenta los dos cultivos, y que la fertilización puede ser realizada directamente sobre el trigo para cubrir las necesidades de ambos (Tabla 4) (Díaz Zorita *et al.*, 2002). Los efectos residuales de la fertilización con P y S no se restringen al doble cultivo trigo/soja, sino que se prolongan en cultivos subsiguientes en la rotación (Vivas, 2003).

Tabla 4. Rendimiento de trigo y soja de segunda con diferentes tratamientos de fertilización con N, P y S aplicados en el trigo. Fuente: INTA Marcos Juárez y Casilda (C. de Bustos 1998/99); Fontanetto (2003) (S. M. de las Escobas, promedio de 3 años); INTA Cañada de Gómez (Armstrong, Ensayo Proyecto Fertilizar INTA 2001/02)

Tratamiento	Corral de Bustos (Córdoba)		San Martín de las Escobas (Santa Fe)		Armstrong (Santa Fe)	
	Trigo	Soja II	Trigo	Soja II	Trigo	Soja II
Testigo	1808	1919	1655	2250	1176	2331
P	1998	2131	1705	2695	-	-
NP	1948	1903	2395	2705	2133	2545
NS	2253	3042	2560	2740	1840	3186
NPS	3193	2947	2775	3040	2192	3099

Asimismo, la fertilización de los cultivos dentro de la rotación debería considerar el balance de nutrientes en el suelo, no sólo por sus efectos sobre los rendimientos, sino también por los efectos sobre la sustentabilidad del sistema en el mediano y largo plazo. En Argentina, la producción de granos creció sostenidamente en los últimos años y, si bien también se ha observado un incremento significativo en el consumo aparente de fertilizantes, los balances de nutrientes siguen siendo negativos. En las últimas campañas se ha aplicado un 20-25 % del N, 40-45 % del P, menos del 1 % del K y 8-10 % del S removidos por las cosechas.

La nutrición del cultivo interactúa con otros factores de producción. En la zona norte de la región pampeana, la disponibilidad de agua durante el ciclo del cultivo limita frecuentemente el potencial de producción y, por tal motivo, la respuesta a la fertilización. Sin embargo, cultivos sin deficiencias nutricionales, generalmente usan más eficientemente el agua disponible (Ambrogio *et al.*, 2000), tal como se observó en la campaña 2003/04 (Blanco *et al.*, 2004).

La respuesta a la fertilización, bajo una misma disponibilidad de nutrientes, depende del potencial de rendimiento de la variedad utilizada y su adaptación a las condiciones edafo-climáticas del sitio. En el sudeste de Buenos Aires, González Montaner *et al.* (2003) han reportado rendimientos y eficiencias de respuesta y de absorción de N superiores para trigos Baguette, respecto de materiales de origen nacional.

Los cultivos con mejor nutrición son generalmente más tolerantes o menos afectados por enfermedades foliares. Los trabajos de Annone *et al.* (2003) en el norte de Buenos Aires, han demostrado

que la fertilización nitrogenada complementaria puede reducir el desarrollo de enfermedades como mancha amarilla, e incrementar el área de tejido verde remanente en hojas superiores en muchos cultivares. Estos efectos son más consistentes cuando el N se aplica en combinación con fungicidas.

Bibliografía

- Ambrosio, M.; Lorenzatti, S.; Bizet, H.; Don, H.; Tanducci, W.; García, F. y Fontanetto, H. 2000. Trigo: Explorando deficiencias nutricionales en la región pampeana. Actas Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000". INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Annone, J.; García, R.; Polidoro, O. y Calzolari, A. 2003. Comportamiento de cultivares de trigo en siembra directa bajo distintas combinaciones de fertilización nitrogenada complementaria-tratamiento fungicida foliar. *En Trigo en Siembra Directa 2003*. p. 61-67. AAPRESID. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Baumer, R. 1996. Fertilización y sistemas de laboreo e implantación. Tercer Seminario de Actualización Técnica. Fertilización en cultivos extensivos y forrajeras. Buenos Aires. CPIA - SRA.
- Berardo, A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. Boletín Técnico No. 128. EEA INTA Balcarce.
- Berardo, A.; Grattone F. y Borrajo G. 1999. Fertilización fosfatada de trigo: Respuesta y forma de aplicación. *Informaciones Agronómicas 2:1-3*. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Berardo, A. y Grattone, F. 2000. Fertilización fosfatada requerida para alcanzar niveles objetivos de P Bray en un argiudol. Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACS, Mar del Plata, Argentina.
- Blanco H.; Boxler, M.; Minteguiaga, J.; Houssay, R.; Deza Marin, G.; Berardo, A. y García, F. 2004. Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe - Resultados de la campaña 2003/04: Trigo. Simposio Fertilidad 2004. INPOFOS Cono Sur - Fertilizar.
- Boschetti, N.; Quintero, C. y Benavides, R. 1996. Residualidad del fertilizante fosfatado en pasturas consociadas de Entre Ríos (Argentina). *Ciencia del Suelo 14:20-23*.
- Calviño, P.; Echeverría, H.; Sainz Rozas H. y Redolatti M. 2001. Influencia del cultivo antecesor sobre la respuesta en trigo a la fertilización con azufre. Actas V Congreso Nacional de Trigo. Carlos Paz, Córdoba, Argentina.
- Carta H., Ventimiglia, L. y Rillo S. 2001. Respuesta al azufre. Cuadernillo Trigo. Agromercado 21 (57):21-22. Buenos Aires, Argentina.
- Díaz Zorita M. 2000. Momento de aplicaciones de urea para aumentar la producción de grano de trigo en el oeste bonaerense. Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACS, Mar del Plata, Argentina.
- Díaz Zorita, M., Duarte G. y Barraco M. 2004. Effects of chloride fertilization on wheat (*Triticum aestivum* L.) productivity in the Sandy Pampas region, Argentina. *Agron. J. 96: en prensa*.
- Díaz Zorita, M.; García, F. y Melgar, R. (coord.). 2002. Fertilización en soja y soja-trigo: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Resultados de la Red de Ensayos del Proyecto Fertilizar INTA, Campañas 2000/01 y 2001/02. Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino, Buenos Aires, Argentina. pág. 43.
- Echeverría, H.; Calviño, P. y Redolatti, M. 2001. Diagnóstico de la fertilización nitrogenada y fosfatada bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. 18ª Jornada de Actualización Profesional en el Cultivo de Trigo. EEA INTA Balcarce-FCA Balcarce-CIAM.
- Echeverría, H. y García, F. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico N° 149. EEA INTA Balcarce.
- Echeverría, H.; Sainz Rozas, H.; Bianchini, A. y García, F. 2004. Utilización y residualidad de fósforo bajo siembra directa en la región pampeana. Actas XIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACS.
- Fontanetto, H. 2003. Consumo y manejo de nutrientes de las rotaciones de cultivos. Actas XI Congreso Nacional de AAPRESID. II:267-280. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Fontanetto, H., Vivas, H.; Keller, O. y Llambias, F. 2001. Volatilización de amoníaco desde diferentes fuentes nitrogenadas aplicadas en trigo con siembra directa. Actas V Congreso Nacional de Trigo. Carlos Paz, Córdoba.

- García, F. O.; Fabrizzi, K. P.; Berardo, A. y Justel, F. 1998. Fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste bonaerense: Respuesta, fuentes y momentos de aplicación. XVI Congreso Argentino Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Córdoba.
- García, F. O.; Fabrizzi, K. P.; Picote, L. y Justel, F. 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional en Argentina. Actas 14º. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile.
- González Montaner, J.; Di Nápoli, M.; Calviño, P.; Mailland, N.; Posborg, M.; Dodorico, F. y Andenoché, J. 2003. Nitrógeno en trigo. Revista de los CREA. Año XXXV N° 272: 56-59.
- González Montaner, J.; Maddoni, G. y Di Nápoli, M. R. 1997. Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. Field Crops Research 51:241-252.
- González Montaner, J.; Maddoni, G.; Mailland, N. y Porsborg, M. 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la Subregión IV (Sudeste de la Provincia de Buenos Aires). Ciencia del Suelo 9 (1-2):41-51.
- González Montaner, J.; Meynard, J. M. y Mary, B. 1987. Controle de la nutrition azotee du blé par l'analyse des teneurs en nitrates dans la plante. C.R. Acad. Agric. Fr. 73 (3):105-115.
- Klein, R. Experiencias en fertilización balanceada de trigo/soja en Alberti (Buenos Aires). Informaciones Agronómicas 17:1-6. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Martínez, F.; Cordone, G. y García, F. 2001. Azufre y otros nutrientes. Cuadernillo de Actualización Técnica N° 63. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- Melaj, M.; Echeverría, H.; López, S.; Studdert, G.; Andrade, F. y Bárbaro, N. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. Agron. J. 95:1525-1531.
- Melchiori, R. y Papatrotti, O. 1996. Fertilización nitrogenada en trigo, evaluación de dosis y momento de aplicación. Jornada de Actualización Técnica en el cultivo de Trigo. Serie Extensión N° 9. EEA INTA Paraná.
- Melgar, R. 1997. Potasio, azufre y otros nutrientes necesarios para considerar en una fertilización. Fertilizar Sup. Trigo. pág. 17-24.
- Melgar, R.; Camozzi, M.; Torres Duggan, M. y Lavandera, J. 2001. Más vale prevenir: Cloro y potasio. Fertilizar 23:30-33. EEA INTA Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- Ron, M. M. y Loewy, T. 1987. Efecto residual de la fertilización fosfórica en trigo sobre un Haplustol típico. Ciencia del Suelo 5(1):65-70.
- Ron, M. M. y Loewy, T. 2000. Modelo de fertilización nitrogenada y fosforada para trigo en el sudoeste bonaerense, Argentina. Ciencia del Suelo 18 (1):44-49.
- Satorre, E. y col. 2001. Bases de decisión para la fertilización nitrogenada en las zonas Norte de Buenos Aires, Sur de Santa Fe y Centro de AACREA. Cuadernillo de Actualización Técnica N° 63. AACREA. Buenos Aires, Argentina.
- Senigaglia, C. 1998. Fertilidad y manejo del trigo en la zona central norte. Actas IV Congreso Nacional de Trigo. Mar del Plata, 11-13 Noviembre. Unidad Integrada Balcarce INTA-FCA.
- Vivas, H. 2003. Fertilizando el suelo: Residualidad de los fertilizantes en rotaciones de cultivos y pasturas. Actas XI Congreso Nacional de AAPRESID. II: 267-280. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Vivas, H.; Fontanetto, H.; Albrecht, R. y Hotian, J. 2001. Fertilización con fósforo y azufre para la producción de trigo en el Departamento San Jerónimo (Santa Fe). Informaciones Agronómicas 10:1-4. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Zamuner, E.; Picote, L. y Echeverría, H. 2003. Profundidad de muestreo de suelo: Relación del rendimiento con el fósforo disponible. Simposio "El Fósforo en la Agricultura Argentina". pág. 84. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.