

4° NUTRICIÓN DE CULTIVOS Y PASTURAS

Elaborado por Angel Berardo y Nahuel Reussi Calvo

PAUTAS PARA EL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN EN MAÍZ Y GIRASOL
Introducción:

Los cultivos de maíz y de girasol ocupan un rol importante en los sistemas de producción agrícola de la región pampeana con una superficie sembrada de 4.2 y 2.6 millones de has, respectivamente. No obstante, en los últimos 10 años la superficie sembrada con maíz se redujo a 3.0 millones de has mientras que la del girasol se mantuvo relativamente constante desde el 2001. El manejo de la nutrición de estos cultivos es un aspecto clave para maximizar los rendimientos, y por ende, realizar un uso eficiente de los recursos. El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los nutrientes que con mayor frecuencia limitan el rendimiento de estos cultivos, sin embargo, en la última década el azufre (S) comenzó a cobrar importancia principalmente en el cultivo de maíz en suelos con prolongada historia agrícola y bajo siembra directa. Además, micronutrientes como Zinc, Boro y Cobre podrían presentarse como deficitarios en algunos suelos bajo producción, particularmente en aquellos que presentan texturas arenosas y/o bajo contenido de materia orgánica. En la Tabla 1, se observa que los requerimientos de N y P del girasol son prácticamente el doble a los de maíz, lo cual se explicaría por la mayor concentración de nutrientes en grano.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales (kg de nutriente para producir una tonelada de grano), extracción (kg de nutriente en una tonelada de grano) e índice de cosecha de nutriente (proporción del total de nutriente absorbido que está presente en el grano) para el cultivo de maíz y girasol.

Nutriente	Requerimiento (kg ton ⁻¹)		Índice de cosecha		Extracción (kg ton ⁻¹)	
	Maíz	Girasol	Maíz	Girasol	Maíz	Girasol
Nitrógeno	22	40	0.70	0.60	11	25
Fósforo	4	7	0.75	0.62	2.5	4.5
Azufre	4	5	0.35	0.45	1.2	1.5
Potasio	19	29	0.20	0.19	5	6
Calcio	3	18	0.07	0.08	0.5	1
Magnesio	3	11	0.50	0.28	1.2	3
	g ton ⁻¹			g ton ⁻¹		
Boro	20	65	0.25	0.22	4	32
Cobre	13	20	0.30	0.68	3	13
Hierro	125	260	0.35	0.13	39	30
Manganeso	190	55	0.17	0.25	28	14
Zinc	53	100	0.50	0.48	23	48

Adaptado: Echeverría y Saiz Rosas (2005), Diaz-Zorita (2005), FERTILAB (2009).

En ambos cultivos la acumulación de nutrientes en planta se anticipa al crecimiento, siendo para N mayor desde el estadio de 4-6 hojas ($V_{4.6}$) hasta la floración del cultivo (Figura 1). Para maíz la acumulación del N a floración representa entre el 60-70% del total de N absorbido a madurez fisiológica (Uhart y Andrade, 1995), mientras que para el girasol el porcentaje es del 70-80% (Uhart *et al.*, 1998). Según diferentes autores la removilización del N desde distintos órganos de la planta puede contribuir al N acumulado en grano desde un 17 hasta un 53% para maíz y entre un 40 y 80% para girasol (Andrade *et al.*, 1997; Uhart *et al.*, 1998). Por otra parte, la acumulación de P por ambos cultivos es demorada respecto a N, lo cual se podría explicar porque el P alcanza la superficie radical por difusión, proceso que es favorecido principalmente por la mayor exploración radicular y la temperatura, y también por el contenido de humedad del suelo (Hanway y Olson, 1980). Para el cultivo de maíz, el P acumulado en floración representa entre el 40 y 50% del total absorbido a madurez fisiológica (Andrade *et al.*, 1997), porcentaje inferior al determinado para girasol (60-70% según Berardo *et al.*, 2003, Figura 2). Por otra parte, si bien para S la información es escasa, en maíz la acumulación de este nutriente sería demorada respecto a N y P según lo determinado por Pagani *et al.* (2009). El conocimiento de la dinámica de acumulación de los distintos nutrientes por los cultivos es un aspecto clave al momento de definir la estrategia de fertilización, o sea el momento, la fuente y la dosis a utilizar, con el objetivo de maximizar la eficiencia de utilizaciones de dichos nutrientes.

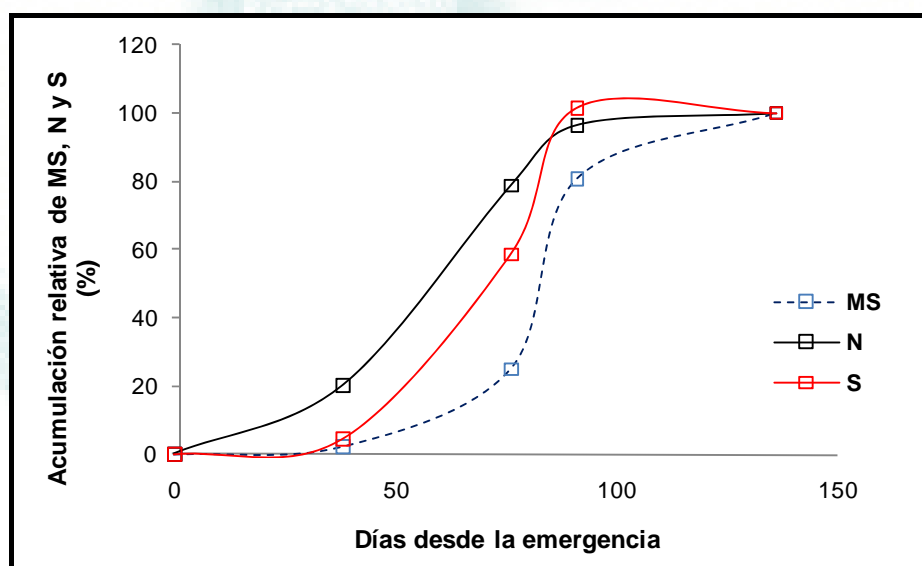


Figura 1. Acumulación relativa de materia seca (MS), nitrógeno (N) y azufre (S) en función de los días desde la emergencia del cultivo de maíz. (Adaptado: Pagani *et al.*, 2009). 100% es 23500, 270 y 26 kg ha⁻¹ de MS, N y S, respectivamente.

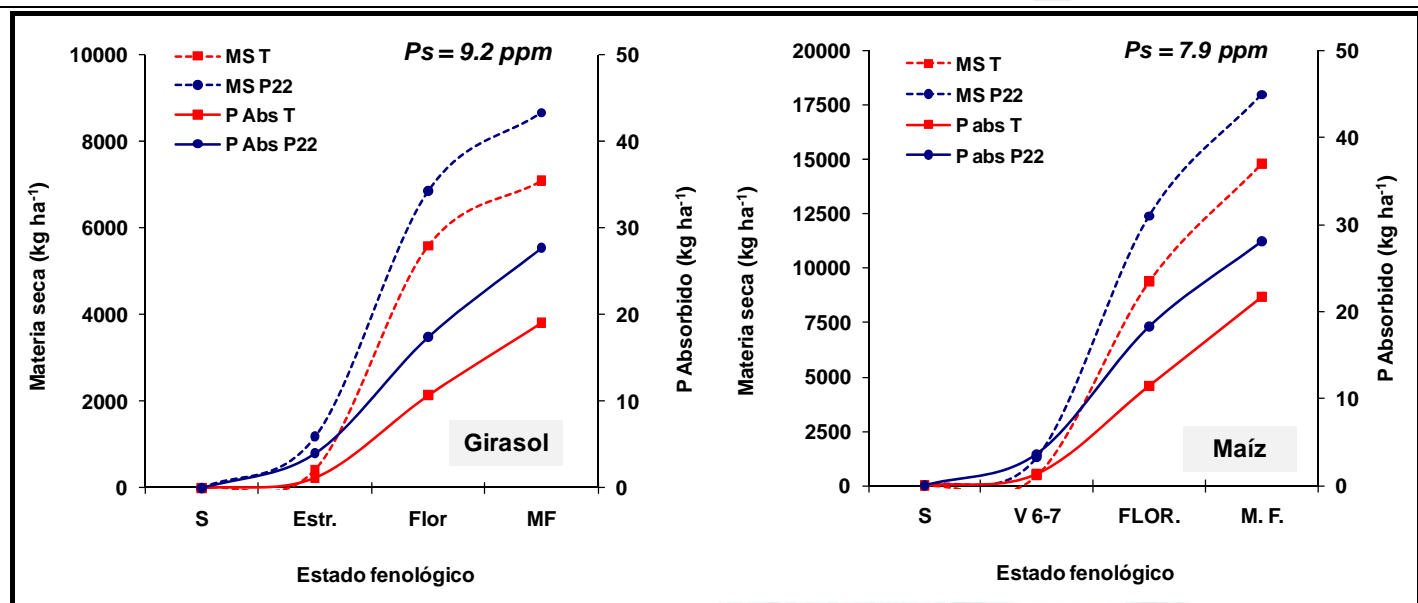


Figura 2. Acumulación de materia seca (MS) y de fósforo (Abs P) en el cultivo de girasol y de maíz para tratamientos testigo (T) y con 22 kg P ha⁻¹, en suelos con 9.2 y 7.9 ppm de P Bray 1, respectivamente (Adaptado: Berardo *et al.*, 2003).

Manejo de fósforo:

Para evaluar la disponibilidad de P en maíz y girasol se recomienda el muestreo de suelo en superficie (0-20cm) previo a la siembra del cultivo. En general, es importante tomar un número elevado de submuestras (20-30), particularmente en planteos bajo siembra directa, debido a la estratificación del P y la heterogeneidad en su distribución por la baja movilidad. Para el diagnóstico de las necesidades de P en la región pampeana se emplea la determinación del contenido de P disponible por el método de Bray junto con el rendimiento objetivo del cultivo (Tabla 2 y 3). No obstante, otras características del sitio deben ser consideradas al momento de la interpretación para mejorar la precisión de la recomendación como son el contenido de materia orgánica, la presencia de capas compactadas, la textura, la historia de fertilización con P, etc. Para diferentes aéreas de la región pampeana distintos autores han determinado niveles críticos de P Bray por debajo de los cuales se considera rentable la fertilización fosfatada. En el sudeste bonaerense, Echeverría y García (1998) definieron para maíz y girasol concentraciones medias de P disponible de 16 y 10 ppm, respectivamente. No obstante, bajo condiciones de riego Berardo *et al.* (2001) obtuvieron respuestas a P hasta 20 ppm para maíz y 15 ppm para girasol. Por otra parte, para el Norte de la Región Pampeana Ferrari *et al.* (2000) determinaron valores críticos de 13-14 ppm para el cultivo de maíz en secano.

Respecto a la forma de aplicación de P, dada la baja movilidad de este nutriente en el suelo, las aplicaciones localizadas serían más eficientes que las aplicaciones en superficie al voleo. Para maíz, Mallarino (1997) sugirió que la respuesta a la fertilización en bandas probablemente es superior a la aplicación al voleo en suelos con baja disponibilidad de P y/o con texturas finas. Sin embargo, cuando la fertilización al voleo se anticipó varios meses al momento de la siembra resultó tan eficiente como la fertilización localizada (Mallarino, 1998). Además, otros autores determinaron que

las diferencias entre las aplicaciones de P al voleo y en la línea disminuyen o son nulas a medida que aumentaba la disponibilidad de P del suelo (Barraco *et al.*, 2006). En ambientes con niveles de P entre 7.3 y 16.9 ppm, Barraco *et al.* (2006) observaron que es necesaria una dosis de 44 kg P ha⁻¹ para lograr igual eficiencia entre formas de aplicación (voleo vs línea), mientras que para dosis menores (22 kg P ha⁻¹) la aplicación en la línea de siembra fue más eficiente, siendo la diferencia en rendimiento de 700 kg ha⁻¹ respecto al voleo.

Por otra parte, cuando se realiza la aplicación del fertilizante en la línea de siembra es recomendable su colocación a unos 4-5 cm de la misma para evitar efectos fitotóxicos sobre la semilla (Ciampitti *et al.*, 2006). Estos efectos van a depender de la textura, el contenido de materia orgánica y de la humedad del suelo, como así también del tipo de fertilizante y de la dosis, **siendo mayores los daños en suelos arenosos y con bajo contenido de humedad**. A modo de ejemplo, una pérdida del 20 % del stand de plántulas en maíz y girasol se puede producir con dosis de 60-80 kg ha⁻¹ y de 50-60 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico, respectivamente, según el tipo de suelo y el contenido de humedad.

Tabla 2. Recomendaciones de fertilización fosfatada para maíz según nivel de P Bray y rendimiento esperado (Fuente: FERTILAB, 2009).

Rendimiento ton/ha	Concentración de P disponible en el suelo (mg kg ⁻¹)				
	Menos 5	10	15	20	>25
	----- kg P/ha -----				
6	15	13	10	0	0
8	20	18	15	10	0
10	25	23	20	15	10
12	30	28	25	20	15

Tabla 3. Recomendaciones de fertilización fosfatada para girasol según nivel de P Bray y rendimiento esperado (Fuente: FERTILAB, 2009).

Rendimiento ton/ha	Concentración de P disponible en el suelo (mg kg ⁻¹)				
	Menos 5	10	15	20	>25
	----- kg P/ha -----				
2	15	12	10	0	0
3	20	17	15	10	0
4	25	23	20	15	10

Manejo de nitrógeno:

Para evaluar la disponibilidad de N se recomienda el muestreo de suelo a la siembra del cultivo en los estratos superficiales (0-20 cm) y subsuperficiales (20-50 ó 20-40 y 40-60 cm). No obstante, en años ó regiones con excesos hídricos durante la pre-siembra del cultivo y/o con bajas temperaturas, es conveniente realizar el muestreo de suelo con posterioridad en el estadio de V₄₋₆. El mismo puede realizarse solo en el estrato de 0-30 cm, no obstante, si se registraron

intensas precipitaciones durante en el período comprendido entre la siembra y V_{4-6} se recomienda también el muestreo del estrato subsuperficial.

Existen diferentes metodologías para el diagnóstico de N en maíz y girasol, entre las cuales se puede mencionar el método de balance de N, la determinación de la concentración de N en diferentes órganos de la planta, la curva de dilución, el empleo de índices espectrales, la determinación del contenido de nitrato en pre-siembra y en el estadio de V_6 del cultivo (Echeverría y Sainz Rozas, 2005). Para el cultivo de maíz, en la zona centro y norte de la región pampeana, se recomienda la determinación del contenido de nitrato en pre-siembra como método de diagnóstico de N, debido a las escasas lluvias invernales y las mayores temperaturas en relación a la zona sur, lo cual permite la implementación dicho método con bastante precisión y confiabilidad. Según la potencialidad del ambiente, varios autores han reportado que disponibilidades de N desde 130 hasta 170 kg ha⁻¹ son necesarias para maximizar el beneficio económico de la fertilización nitrogenada (Martínez y Cordone, 2005; Alvarez *et al.*, 2003, García *et al.*, 2006). No obstante, en regiones húmedas este método de diagnóstico es poco sensible debido a las pérdidas de N que ocurren antes del período de mayor consumo de dicho nutriente por el cultivo (Herget, 1987). Además, en general, estas zonas se caracterizan por mayores contenidos de materia orgánica, y por ende, un alto aporte de N por mineralización aspecto que no siempre puede ser evaluado con el muestreo en pre-siembra. Frente a esta situación, varios trabajos han propuesto la determinación del contenido de nitrato en suelo en V_6 a una profundidad de 30 cm como método de diagnóstico de deficiencia de N en maíz. Esta metodología, originalmente denominada PSNT (Pre-siembra Soil Nitrate Test), se fundamenta en que el contenido de nitrato en dicho estadio representa el balance entre el aporte de N (vía mineralización, fertilización, etc) y las pérdidas de N (lavado, desnitrificación, inmovilización), debido a que escaso N es absorbido por el maíz hasta V_6 (Meisinger *et al.*, 1992). **Además, Magdoff *et al.* (1984) proponen que el contenido de nitrato en dicho estadio tiende en cierta medida a evaluar la capacidad de mineralización de N del suelo.** En el sudeste bonaerense, Sainz Rosas *et al.* (2000) determinaron niveles críticos de nitrato en el estrato de 0-30 cm de 17 y 27 ppm para rendimientos de 8.5 y 13.5 tn ha⁻¹, respectivamente (Figura 3), valores que coinciden con los determinados por otros autores en el hemisferio norte (Fox *et al.*, 1989; Binford *et al.*, 1992). Además, para las condiciones del sudeste bonaerense, Sainz Rosas *et al.* (2000) demostraron que la determinación de N-amonio o el muestreo hasta los 60 cm no mejoraban la confiabilidad del método. Sin embargo, esta metodología presenta la desventaja del escaso tiempo disponible entre la toma de la muestra de suelo y la fertilización, particularmente cuando las empresas siembran grandes superficies y tienden a adelantar la aplicación de N. Por lo tanto, surge la necesidad de contar con algún indicador del aporte de N por mineralización con el objetivo de mejorar la evaluación temprana de la disponibilidad de N para el cultivo. En línea con lo mencionado, para el sudeste bonaerense Sainz Rozas *et al.* (2008) proponen el empleo del nitrógeno anaeróbico (Nan o Nm) como un indicador del aporte de N por mineralización, el cual permitiría ajustar los niveles críticos de N evaluados en pre-siembra o en el estadio de V_6 , y de esta forma mejorar la eficiencia de utilización del fertilizante nitrogenado.

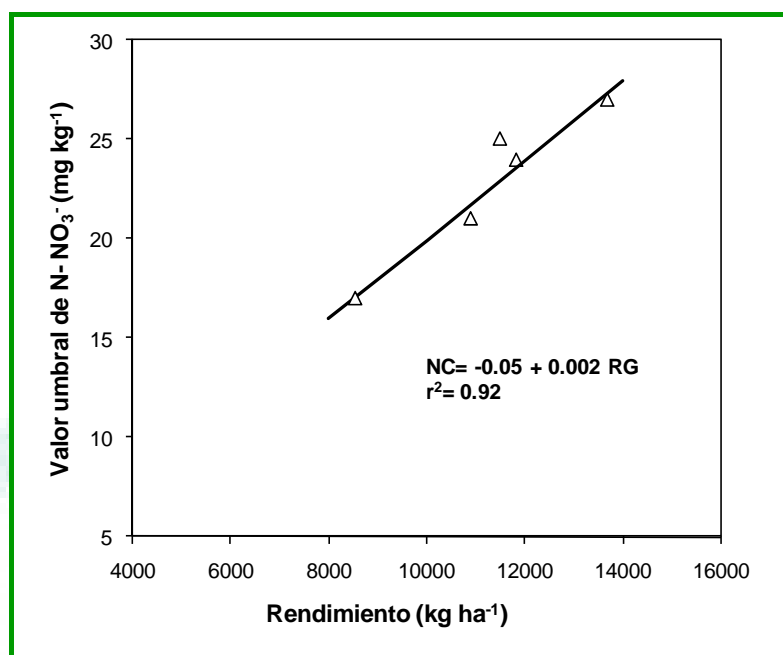


Figura 3. Relación entre el umbral crítico de N-nitrato (N-NO₃⁻) en suelo hasta los 30 cm al estadio de V₆ y el rendimiento máximo (adaptado de Sainz Rozas *et al.*, 2000).

Para el cultivo de girasol, si bien la información es escasa, en trabajos realizados en el sudeste bonaerense no se determinó respuesta al agregado de N cuando la disponibilidad de dicho nutriente a la siembra fue superior a 60 kg ha⁻¹ (Gonzalez Montaner y Di Napoli, 2002). No obstante, trabajos más recientes indican que es necesario una disponibilidad (suelo + fertilizante) de **110-120 kg N ha⁻¹** para rendimientos de **3000-3200 kg ha⁻¹** (Zamora, 2009). Al igual que para maíz, para el cultivo de girasol es necesario contar con estimadores del aporte de N por mineralización con el objetivo de poder ajustar con mayor exactitud la dosis de N aplicar, y por lo tanto, maximizar la rentabilidad del mismo.

Respecto al momento de aplicación de N, varios trabajos han determinado que las aplicaciones en el estadio de V₆ son más eficientes que las realizadas a la siembra, particularmente en ambientes húmedos, en los cuales son probables las pérdidas de N por lavado (Sainz Rozas *et al.*, 1999). A modo de ejemplo, para el Sudeste bonaerense Sainz Rozas *et al.* (2004) determinaron menores pérdidas de N por lavado para fertilizaciones en V₆ respecto a la siembra (5 y 17% para dosis de 140 kg N ha⁻¹, respectivamente). No obstante, las ventajas operativas de las aplicaciones a la siembra pueden justificarse, ya que en algunos casos las diferencias en eficiencias entre momento de fertilización no son importantes. Es válido mencionar, que la eficiencia de las aplicaciones tempranas va a depender de la intensidad y frecuencia de precipitaciones entre la aplicación del fertilizante y la absorción de N por el cultivo, además de la inmovilización microbiana la cual también es afectada por la cantidad y calidad de los residuos. Para la zona de Villegas, Barraco y Diaz Zorita (2005) no obtuvieron diferencias significativas en rendimiento de maíz por efecto del momento de fertilización con N, lo cual se podría explicarse por las escasas precipitaciones entre el período de siembra y V₆.

En general, cuando la aplicación del fertilizante nitrogenado se realiza en forma incorporada, la eficiencia de uso del N de las distintas fuentes es similar (Echeverría *et al.*, 2009). No obstante, para fertilizaciones al voleo, varios trabajos han determinado pérdidas de N por volatilización cuando se utiliza urea o fuentes que contengan a la misma como el UAN (García *et al.*, 1999; Sainz Rozas *et al.*, 1999). Además, estas pérdidas son mayores en suelos bajo siembra directa respecto a labranza convencional debido a la mayor actividad ureásica de los residuos. Es válido remarcar, que el proceso de volatilización es afectado por el contenido de humedad y la temperatura del suelo, siendo máximo a capacidad de campo y con temperaturas de 25°C o superiores (Havlin *et al.*, 2005). Por consiguiente en la medida que se demoran las aplicaciones al voleo de las fuentes de N que están sujetas a pérdidas por volatilización, estas se incrementan sino se producen lluvias que favorezcan la incorporación del N aplicado. Otras características del suelo que favorecen la volatilización son las texturas gruesas, el pH alcalino y los bajos contenidos de materia orgánica.

Manejo de azufre:

Para S se recomienda el muestreo de suelo en los estratos superficiales (0-20 cm) y subsuperficiales (20-40 y 40-60 cm) antes de la siembra del cultivo. Los muestreos en los estratos inferiores son más importantes en suelos de texturas arenosas y/o regiones con abundantes precipitaciones, debido a la movilidad de este nutriente. Además, en zonas con napas freáticas y/o tosca no muy profunda se recomienda el muestreo en profundidad debido a la probable presencia de sulfato en las napas y por encima de la tosca. A su vez, en años con excesos hídricos a la siembra del cultivo es conveniente realizar los muestreos de suelo en V₄₋₆.

En la Figura 4 se observa, para una red de ensayos realizada por el CREA Sur de Santa Fé, la relación entre el rendimiento relativo de maíz y la disponibilidad de sulfato en suelo a la siembra del cultivo. La determinación del contenido de sulfato en los primeros 20 cm del perfil mostró adecuada precisión para el diagnóstico de la deficiencia de S, cuando se empleo el umbral de 10 ppm citado en la bibliografía. No obstante, otros trabajos realizados en diferentes zonas de la región pampeana observaron baja capacidad predictiva del análisis de suelo para el diagnóstico de S en maíz (citado por Ferrari *et al.*, 2009). Por lo tanto, surge la necesidad de realizar mayor investigación para probar la bondad de este método de diagnóstico de S en maíz y girasol.

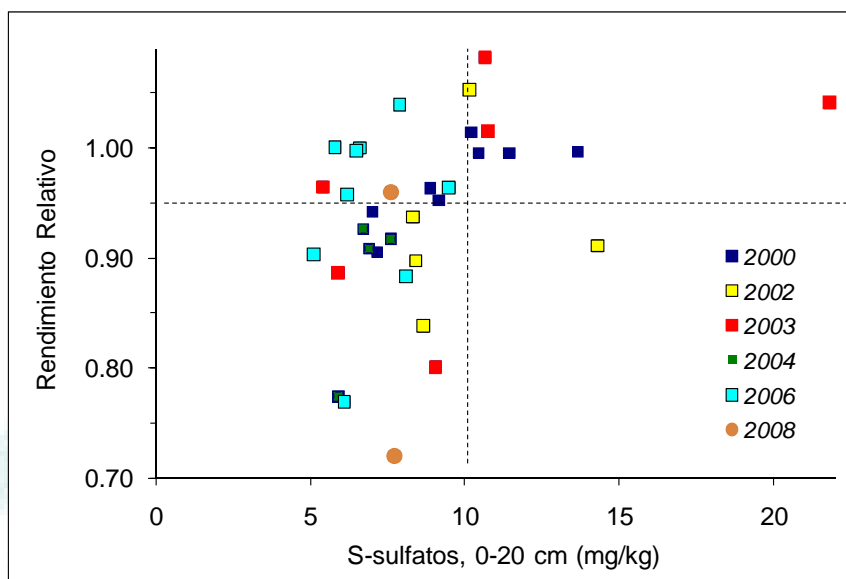


Figura 4. Rendimiento relativo de maíz (rendimiento NP/Rendimiento NPS) en función del nivel de S-sulfato a 0-20 cm de profundidad a la siembra. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe, 2000, 2002, 2003, 2004, 2006 y 2008 (n=34).

En general la aplicación de S es una práctica de bajo costo, debido a su bajo requerimiento y relativamente alta eficiencia. Para los cultivos de girasol y de maíz la aplicación se efectúa generalmente en forma combinada con P y/o N, bajo forma sólida o líquida. Las fuentes sólidas de S se aplican a la siembra de los cultivos en forma incorporadas o al voleo, para lo cual se emplea generalmente mezclas de sulfato de calcio (18-20 % S) con los diferentes productos fosfatados disponibles en el mercado. En las formulaciones líquidas, el S se aplica bajo la forma de tiosulfato de amonio (12 % N y 26 % S) mezclado con UAN (30 % N), dando lugar a productos de fácil manejo y aplicación durante el cultivo. Además, estas fuentes permiten la aplicación demorada de N y S, o sea próximos al periodo de máximo consumo por los cultivos, y por lo tanto, incrementarían la eficiencia de uso de dichos nutrientes.

Deficiencia de N en girasol:



Deficiencia de N: hojas de color verde pálido que evoluciona a amarillo y por último a necrosis tisular. Las hojas superiores pueden presentar coloración verde pálido.

Fuente: Germán Domínguez (Unidad integrada Balcarce).

Deficiencia de N, P y S en maíz:



Deficiencia de N: Clorosis en hojas inferiores, con posterior amarillamiento desde la punta de la hoja. Reducción de la expansión foliar y del crecimiento.



Deficiencia de P: Hojas de color verde oscuro con punta y bordes de tonalidad violácea. Menor crecimiento inicial y retraso en la maduración.



Deficiencia de S: Clorosis en las hojas superiores por la baja movilidad del nutriente en la planta.

Fuente: Fernando García (IPNI Cono Sur).

Bibliografía:

- Alvarez R., H.S. Steinbach, C. Alvarez y S. Grigera. 2003. Recomendaciones para la fertilización nitrogenada de trigo y maíz en la pampa ondulada. *Informaciones Agronómicas IPNI Cono Sur*, 18:14-19.
- Andrade F.H., A.G. Cirilo, S.A. Uhart y M.E. Otegui. 1997. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. La Barrosa (Ed.) Dekalbpres. INTA, FCA-UNMP. Balcarce, Argentina.
- Barraco M. y M. Díaz-Zorita. 2005. Momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en hapludoles típicos. *Ciencia el Suelo* 23 197-203.
- Barraco M., M. Díaz-Zorita y C. Álvarez. 2006. Aplicaciones incorporadas y en superficie de fósforo en cultivos de maíz. *Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y i Reunión de Suelos de la Región Andina*. Salta, Argentina, septiembre de 2006.
- Berardo A., S. Ehrst, F. Grattone y F. García. 2001. Corn yield response to phosphorus fertilization in the southeastern Pampas. *Better Crops International* 15 (1):3-5.
- Berardo, A., Ehrst, S., Grattone, F. y M. Amigorena. 2003. Evaluación de la respuesta a fosforo de los cultivos estivales: maíz, girasol y soja. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur* N°18.
- Binford, G.D., A.M. Blackmer, and M.E. Cerrato. 1992. Relationships between maize yields and soil nitrate in late spring. *Agron. J.* 84:53-59.
- Ciampitti I.A., F.E. Micucci, H. Fontanero y F.O. García. 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: efectos fitotóxicos. *Informaciones agronómicas del Cono Sur* N° 31. *Archivo agronómico* 10: 1-8.
- Díaz-Zorita, M. 2005. Girasol. En: Echeverría H.E. y F.O. García (eds). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 301-315.
- Echeverría H. y F. García. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. *Boletín Técnico* No. 149. EEA INTA Balcarce.
- Echeverría H.E. y H. Sainz Rozas. 2005. Maíz. En: Echeverría H.E. y F.O. García (eds). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina. pp. 255-282.
- Echeverría, H.E., N. Reussi Calvo y F. García. 2009. Mejores prácticas de manejo para nitrógeno: un camino para mejorar la eficiencia de uso en los cultivos. 12 y 13 de Mayo, Rosario, Santa Fé, Argentina. 25-34.
- Ferrari M., J. Ostojic, L. Ventimiglia, H. Carta, G. Ferraris, S. Rillo, M. Galetto y F. Rimatori. 2000. Fertilización de maíz: Buscando una mayor eficiencia en el manejo de nitrógeno y fósforo. *Actas Jornadas de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000"*. Rosario, 28 de Abril de 2000. INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- Ferrari, M. 2009. Las MPM para los cultivos y sistemas de producción de maíz en la región pampeana central. 12 y 13 de Mayo, Rosario, Santa Fé, Argentina. 286-302.
- Fox, R.H., G.W. Roth, K.V. Iversen, and W.P. Piekielek. 1989. Soil and tissue nitrate tests compared for predicting soil nitrogen availability to maize. *Agron. J.* 81:971-974.
- García F., K. Fabrizio, L. Picone y F. Justel. 1999. Volatilización de amoníaco a partir de fertilizantes nitrogenados aplicados superficialmente bajo siembra directa y labranza convencional. 14°. Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón, Chile. 8-12 Noviembre 1999.
- García F.O., M. Boxler, J. Minteguiga, R. Pozzi, L. Firpo, G. Deza Marin y A. Berardo. 2006. La red de nutrición de la región CREA sur de Santa Fé: resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. AACREA. 32 pp.

- Gonzalez Montaner, J. y M. Di Napoli. 2002. Sistemas de producción de girasol en la región húmeda argentina. En: M. Díaz-Zorita y G. A. Duarte, Manual práctico para el cultivo de girasol, Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires (Argentina), 267-280.
- Gutierrez Boem F.H., F. Salvagiotti, G. Ferraris, A. Quiroga, M. Barraco, H. Vivas, P. Prystupa y H.E. Echeverría. 2006. Identificación de sitios deficientes en azufre mediante el análisis de grano de soja. Mercosoja. 26-30 de junio, Rosario. 4 p.
- Hanway, J.J. and R.A. Olson. 1980. Phosphate nutrition of corn, sorghum, soybeans, and small grains. In: The Role of Phosphorus in Agriculture, ASA-CSSA-SSSA, Madison WI, USA, 681-692.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Pearson, New Jersey. 514 p.
- Herget, G.W. 1987. Status of residual nitrate-nitrogen soil tests in the United State of America. p. 73-79. In: Brown, J.R. (eds). Soil Testing: sampling, correlation, calibration, and interpretation. Spec. Publ. 21. SSSA, Madison, WI.
- Magdoff, F.R., D. Ross, and J. Amadon. 1984. A soil test for nitrogen availability to maize. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1301-1304.
- Mallarino A. 1997. Manejo de fósforo, potasio y starters para maíz y soja en siembra directa. 5° Congreso Nacional de AAPRESID. Mar del Plata. p. 11-19.
- Mallarino A. 1998. Métodos de fertilización con fósforo y potasio para maíz y soja en siembra directa: Recientes avances en el cinturón del maíz. 6° Congreso Nacional de AAPRESID. Mar del Plata. p. 27-41.
- Martínez F. y G. Cordone. 2005. Avances en el manejo de la fertilización de cultivos y fertilidad de suelos en el Sur de Santa Fe. Simposio Fertilidad 2005, IPNI Cono Sur. p. 3-11.
- Meisinger, J.J., F.R. Magdoff, and J.S. Schepers. 1992b. Predicting N fertilizer needs for maize in humid regions: Underlying principles. p. 7-27. In B.R. Bock and K.R. Kelley (ed.) Predicting N fertilizer needs for maize in humid regions. Bull. Y-226. National Fertilizer Development Center, TVA, Muscle Shoals, AL.
- Pagani A., H.E. Echeverría, F.H. Andrade and H.R. Sainz Rozas. 2009. Characterization of corn nitrogen status with a greenness index under different availability of sulfur. Agronomy Journal 101: 315-322.
- Sainz Rozas H., H. Echeverría, G. Studdert y F. Andrade. 1999. No-till maize nitrogen uptake and yield: Effect of urease inhibitor and application time. Agronomy Journal 91:950-955.
- Sainz Rozas H., H. Echeverría, G. Studdert and G. Dominguez. 2000. Evaluation of the presidedress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilized at planting. Agronomy Journal 92:1176-1183.
- Sainz Rozas H., Echeverría, H.E. y P. Barbieri. 2004. Nitrogen balance as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize. Agronomy Journal 96 :1622-1631.
- Sainz Rozas H, Calviño P, Echeverría H, Redolatti M and P Barbieri. 2008. Contribution of anaerobically mineralized nitrogen to reliability of planting or presidedress soil nitrogen test in maize. Agronomy Journal 100:1020-1025.
- Uhart, S.A., and F.H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. Crop Sci. 35:1376-1383.
- Uhart, S.A., H.E. Echeverría y M.L. Frugone. 1998. Requerimientos nutricionales: Diagnóstico de la fertilización en los cultivos de girasol. Morgan Semillas, Buenos Aires (Argentina), 29 pp.
- Zamora, M. 2009. ¿Cómo afecta el nitrógeno al girasol en siembra directa?. Sudeste Rinde 51: 4-6.