

La roca fosfórica como alternativa de fertilización en granos

Autores: Carlos Hernández, Miguel Morandini* y Roberto Figueroa*.*

Fuente: Ings. Agrs., Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC.

Introducción

En la actualidad, una considerable superficie agrícola de la Provincia de Tucumán se caracteriza por suelos con baja disponibilidad de fósforo (P), en especial aquellos dedicados al cultivo de granos correspondientes a la Llanura Chaco-Pampeana. Con relación a esta región agroecológica, (Zuccardi y Fadda, 1972) determinaron que estos en su mayoría han evolucionado a partir de loess retransportado por el agua que incluye algunos horizontes enriquecidos con vidrios volcánicos donde el limo constituye la fracción dominante. Por otra parte son de bajo poder de fijación de P como consecuencia de los bajos contenidos de arcilla (sus texturas son franco a franco-limoso) y reacción química ligeramente ácida. Esta condición ha permitido que dosis moderadas de superfosfato triple (SPT) o fosfato diamónico (PDA) aplicadas superficialmente, hayan sido muy efectivas para cubrir las necesidades de fósforo en soja y trigo. A la luz de estos hechos, se consideró oportuno ensayar fuentes primarias de fósforo, tomando para una primera etapa a los fosfatos naturales tunecinos (rocas blandas) y dejando para etapas posteriores, materiales más fuertemente consolidados como las calizas fosfáticas correspondientes a la zona de Volcán (Pcia. de Jujuy). El empleo de estos materiales también encuentra otros justificativos en virtud de que se integran a la agricultura orgánica, hacen aportes de otros nutrientes (especialmente calcio y en menor medida azufre y micronutrientes) y no resultan más caros que los fertilizantes de síntesis.

Consideraciones sobre la roca fosfórica

Cuando estos materiales contienen más del 25 % de P_2O_5 se denominan fosforitas mientras que cuando tiene leyes (concentración y solubilidad del P) de P_2O_5 entre 5 y 25% se denomina rocas fosfóricas (Fernández y Cruz Rodríguez, 1993). En diversas ocasiones la fosforita puede ser molida y utilizada como fertilizante sin ningún otro tratamiento. Muchos depósitos de fosforita son de extrema insolubilidad debido a que la apatita se encuentra bien cristalizada. Por el contrario otros depósitos ricos en carbonatos presentan una solubilidad de P mucho mayor (Thompson y Troeh, 1982). Precisamente los fosfatos naturales de Tunes (Gafsa) son fluorapatitas caracterizadas por una estructura cristalina altamente sustituida donde los grupos carbonatos han reemplazado a grupos fosfatos, confiriendo al material una mayor solubilidad.

Sin embargo la efectividad de la roca no solo depende de su naturaleza sino también de la reacción química del suelo, ya que cuanto más ácido es este, la solubilización de P es mayor. También el cultivo tiene su importancia y en ese sentido las leguminosas responden mejor que las gramíneas debido a que

presentan una elevada exigencia en calcio, el cual puede ser obtenido de los cristales de apatita, en cierta medida (Thompson y Troeh, 1982).

Antecedentes

Tanto a nivel nacional como provincial existen escasos antecedentes respecto del empleo de roca fosfórica (R.F) como fertilizante en la producción de granos. En especies forrajeras se reportan resultados, tal como lo indican Berardo y Martino (García, 1999), quienes trabajaron en alfalfa con roca fosfórica, SPTy fosfato diamónico (PDA). En este caso, la producción de materia seca se incrementó con el tiempo cuando se utilizó roca fosfórica, superando a las fuentes más solubles. En Tucumán, Pérez Zamora (comunicación personal) logró incrementos significativos en caña de azúcar cuando utilizó fosfatos naturales en suelos con baja disponibilidad de P.

En el campo internacional, la literatura relacionada al uso de este tipo de fuentes en cultivos de granos tampoco es abundante. E.C. Doll, H. Miller y J. Freeman en el estado de Kentucky determinaron en una rotación maíz-trigo-heno que las aplicaciones continuas de R.F. fueron más efectivas que las de SPT, excepto en trigo. Cuando ambas fuentes se aplicaron en forma discontinua el efecto residual del SPT fue claramente inferior al de la R.F. lo que se reflejó marcadamente en los rendimientos (Doll et al., 1960). W. Robertson y C. Hutton, haciendo estudios comparativos con 10 fuentes de P en suelos ácidos del oeste de Florida en cultivos de soja y maíz, determinaron que los menores incrementos de rendimientos se obtenían con la R.F., resultando la mejor fuente el SPT. Sin embargo, se lograban excelentes repuestas cuando ambas fuentes se mezclaban (Robertson y Hutton, 1954).

La experiencia local

A partir del año 2000 la EEAOC comenzó a probar la efectividad de la roca de Tunez (Gafsa) en soja. Al finalizar la campaña 2000 / 01 se iniciaron ensayos en el cultivo del trigo y luego nuevamente sobre soja en la campaña 2001 / 02

Metodología de trabajo

Durante la campaña 2000/01 se llevó a cabo un ensayo en soja, en la Localidad de San Agustín (Cruz Alta), en un suelo con bajo nivel de fósforo disponible (Tabla 1). Se comparó el efecto de una dosis equivalente a 45 kg./ha de P₂O₅ suministrada superficialmente como SPT (45 % P₂O₅) con relación a la misma cantidad suministrada como fosfato natural de Gafsa (30 % de P₂O₅) aplicada superficialmente en un caso e incorporada en otro. Otros tratamientos que no son motivo de este trabajo completaron el ensayo en bloques al azar. En la campaña 2000 / 02 se repitieron estos mismos tratamientos en un ensayo en la Localidad de La Ramada (Burruyacu) pero incluyendo la dosis de 90 kg./ha de P₂O₅ suministrada como R.F. en forma superficial (Tabla 2). Los fertilizantes se aplicaron una vez nacido el cultivo.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental consistentes en bloques aleatorizados con 4 repeticiones. La caracterización de los suelos correspondientes a ambos ensayos se presenta en la Tabla 1.

En San Agustín se sembró Coker6738 en diciembre de 2000, mientras que en La Ramada se utilizó el cultivar A6401 implantado durante la primera decena de diciembre de 2001.

Durante la campaña de trigo 2001 se llevaron a cabo 3 ensayos experimentales en las Localidades de La Ramada, El Diamante y La Cruz, todas ellas ubicadas en el Dpto Burruyacu.

El trigo fue fertilizado con SPT en dosis de 30, 45 y 60 kg./hade P₂O₅, mientras que la aplicación de R.F. se realizó a los niveles de las 2 dosis mas altas (Tabla 3). Los fertilizantes fosfatados se suministraron en el momento de la siembra en forma superficial, acompañados por una base de 60 kg./ha de nitrógeno como urea.

Los tratamientos se ubicaron en un diseño de bloques aleatorizados con 4 repeticiones.

Las características físico-químicas de los suelos correspondientes a las 3 localidades de ensayo se detallan en el Tabla 4.

Resultados

La soja respondió al agregado de P en las 2 localidades en virtud de la baja disponibilidad del nutriente en las mismas (Tablas 5 y 6).

Tanto los tratamientos con SPT como con R.F. fueron superiores a los testigos en ambas localidades. Sin embargo en La Ramada se registraron diferencias en la respuesta de la soja al comparar ambas fuentes en aplicaciones superficiales. En esta localidad, dichas diferencias fueron significativas a favor de la R.F. a la dosis de 45 kg./ha de P₂O₅ y altamente significativas a la dosis de 90 de P₂O₅ con relación a los 45 kg. de P₂O₅ aplicados como SPT (Tabla 6). Asimismo la dosis de 90 kg.deP O suministrada como R.F. fue superioralade

Tabla 1. Análisis de suelos efectuados en 2 localidades correspondientes a los Dptos. de Cruz Alta y Burruyacú (Pcia. de Tucumán), donde se ensayó la fertilización en soja con 2 fuentes de fósforo.

Localidad	Prof.(cm)	Textura	PH	Mat. Organica%	P.(Bray I) ppm
San Agustiniun	0-25cm	Franco	5,77	1,27	7,3
La Ramada	0-25cm	Fco lim.	6,14	2,71	4,5

Tabla 2. Fertilizantes y dosis empleadas en los ensayos de las Localidades de San Agustín (Dpto. Cruz Alta) y La Ramada (Dpto. Burruyacú)

Tratamiento	Dosis P O kg/ha	Forma de aplicación
1-Testigo	-	-
2- SPT	45	Superficial
3- Roca fosforica	45	superficial
4-Roca fosforica	45	Incorporada
5-Roca fosforica*	90	Superficial

* Tratamiento incluido solo en el ensayo de La Ramada.

Tabla 3. Dosis de fertilizantes aplicados en trigo cultivado en 3 localidades del Dpto. Burruyacú - Tucumán. 2001.

Tratamiento	Dosis Kg/ha		Forma de aplicación
	N	P O	
1-Testigo	-.....-	-	-
2-Urea	60.....+	-	Superficial
3- Urea+SPT	60.....	+.....30	Superficial
4- Urea+SPT	60.....+45	Superficial
5- Urea+SPT	60.....	+.....60	Superficial
6- Urea+R.F.	60.....	+.....45	Superficial
7- Urea+R.F.	60.....	+..... 60	Superficial

Tabla 4. Análisis de suelos correspondientes a 3 localidades del Dpto. Burruyacú - Pcia. de Tucumán, en donde se realizaron ensayos con 2 fuentes de fosfatos en trigo.

Localidad	Prof(cm)	Textura	PH	Mat. Organica%	P(bray l) ppm
La Ramada	0-25cm	Fco. Lim.	6,5	2,84	4,5

El Diamante	0-25cm	Fco. Lim.	6,7	2,93	6,3
La cruz	0-25cm	Fco. Lim.	6,4	3,18	4,5

Tabla 5. Respuesta del cultivar Cocker 6738 de soja expresada en kg./ha a la aplicación de 4 tratamientos de fertilización. San Agustín - Campaña 2000 / 01.

Tratamiento	Dosis P O Kg/ha	Rendimiento Kg/ha
1-Testigo	-	2450
2-SPT (superf.)	45	2750*
3-Roca Fosforica (incorp.)	45	2862*
4- Roca Fosforica (superf.)	45	2911*

*DLS sigP<0.05

Tabla 6. Respuesta del cultivar A 6401 de soja a la aplicación de 4 tratamientos de fertilización expresada en kg./ha. La Ramada

ramñaña OMitl I »

Tratamiento	Dosis PO kg/ha	RendimientoKg/ha
1-Testigo	-	2700e
2- SPT(superf.)	45	3110d
3-Roca fosforica(superf.)	45	3425bc

4-Roca fosforica(incorp.)	45	3550ab
5-Roca fosforica(superf)	90	3700a

DLS sig. $p < 0.01$

45 kg. de P₂O₅ de ese misma fuente aplicada superficialmente, aunque no se evidenciaron diferencias cuando fue incorporada a la dosis de 45 kg. de P₂O₅.

Las diferencias observadas en La Ramada en cuanto a la respuesta a las distintas fuentes de P podrían deberse aun incremento en la disponibilidad de azufre, calcio y micronutrientes ocasionado por el aporte de la R.F. y no por diferencias en la disponibilidad de P. Esto surge del análisis de muestras de suelos tomadas luego de la trilla que indican que los niveles de P (Bray Kurtz I) de las parcelas fertilizadas con R.F. fueron algo inferiores a los correspondientes al tratamiento con SPT (Tabla 7). Para reforzar esta hipótesis

se destaca que en otra experiencia llevada a cabo en ese sitio de ensayo (La Ramada) y en la misma campaña, la soja respondió al agregado de azufre (datos no publicados). Por último, tanto en los tratamientos con azufre como en los correspondientes a R.F., la soja presentó una coloración verde mas intensa que los tratamientos con SPT durante los estadios vegetativos.

En cuanto al trigo, en las 3 localidades donde se realizaron los ensayos, este respondió a la aplicación de fósforo, incrementando su rendimiento cultural (Tabla 8). En todas ellas, cuando se aplicó superficialmente SPT a las dosis de 45 y 60 kg./ha de P₂O₅, el cultivo

Tabla 7. Contenidos de P disponible encontrados en parcelas fertilizadas con SPT y R.F. después de la trilla la Localidad de La Ramada (Dpto. Burruyacú). Campaña 2001 / 02.

Localidad	Prof(cm)	P(bray I) ppm			
		Testigo	R.F.(P45)	R.F.(P40)	SPT(P45)
La Ramada	0-25cm	4,5	6,5	7,95	8,61

Tabla 8. Respuesta del cultivar de trigo Tuc Gran Ivo, expresado en kg./ha, a la aplicación de 2 fuentes de fosfatos en 3 localidades del Dpto. Burruyacú. Campaña 2001.

Tratamiento	Localidad		
	La Ramada	La Cruz	El Diamante

	Rto.(kg/Ha)		
1-Testigo	1.712	1.760	1540
2-Urea	1.850	1.640	1690
3-Urea+SPT	2.240	1.866	1890
4-Urea+SPT	2.462*	2.360*	2240*
5-Urea+SPT	2.420*	2.280*	2300*
6-Urea+R.F.	2.144	1.750	1690
7-Urea+R.F.	2.380*	2.340*	1820

**DLS sigP<0.05*

manifestó aumentos significativos de rendimientos, no así a la dosis de 30 kg./ha de P2 O5. Por su parte, el empleo de la R.F. causó incrementos en la producción, en las localidades de La Ramada y La Cruz, pero solo a la dosis de 60 kg./ha P2 O5.

Los resultados logrados indican que las aplicaciones de P en superficie en trigo, a dosis iguales o inferiores a 30 kg./ha de P2 O5, ya sea como SPT o como la R.F., no tendrían el efecto esperado. Este hecho coincide con resultados de otros ensayos realizados en la campaña 2001 (datos no publicados) donde la dosis mencionada tampoco mostró diferencias con los testigos. En estos casos no se introdujo la variante de incorporar los fertilizantes al suelo en una estrecha banda, hecho que pondría modificar la respuesta del cultivo dado que aumentaría la eficiencia de éstos al estaren contacto con un menor volumen de suelo.

Con relación a las aplicaciones de R.F. en trigo, los datos obtenidos guardarían cierta coherencia con los logrados con el SPT. Por tratarse la R.F. de una fuente donde el fósforo es menos soluble que en los fosfatos de síntesis como el SPT, se necesitaría de dosis superiores para lograr los mismos efectos. También debe considerarse que las condiciones de humedad y temperatura en el horizonte superficial no son favorables para la absorción del fósforo proveniente de este tipo de fertilizantes durante una parte importante del ciclo del trigo.

Consideraciones finales

La roca fosfórica (Gafsa) surge como una alternativa de fertilización fosfatada en cultivos de granos, especialmente en soja, en virtud de que las condiciones de humedad y temperatura de suelo durante su ciclo son mas favorables que en el trigo.

En cultivos invernales como trigo y tratándose de aplicaciones convendría elevar la dosis de la R.F. con relación a los 45 kg. de P₂O₅ del SPT.

La incorporación y/o localización de la roca fosfórica en una estrecha banda de suelo podría mejorar su performance lo que permitiría reducir las dosis recomendadas.

La riqueza en calcio más los contenidos de azufre y micronutrientes podría actuar favorablemente en algunos ambientes donde los niveles de estos nutrientes resultan críticos.

Bibliografía citada

Doll, E.C., H.F. Miller y J.F. Freeman. 1960. Initial and Residual Effects of Rock Phosphate and Superphosphate. *Agron. J.* 52 (5): 247-250.

Fernández, R.I. y Carlos G. Cruz Rodríguez. 1993. Posibilidades Agroindustriales de Roca Fosfórica en la Provincia de Jujuy. R. Argentina. U.N.S.T.A. Boletín Geoindustrial. 1- (1).

García Fernando. 1999. Fertilización de Pasturas y Verdeos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Bol. 1: 1-16.

Robertson W. K. y C. E. Hutton. 1954. An Evaluation of phosphorus sources by growth of four field crops. *Agron. J.* 38 (7): 24-28.

Thompson L.M. y F.R. Troeh. 1982. Fósforo. Capítulo 11: 331-360. En *Los Suelos y su Fertilidad*. Editorial Reverte. 649 p.

Zuccardi R. B. y G. S. Fadda. 1972. Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Provincia de Tucumán. F.A.Z. - UNT. Boletín 3.