

# DINAMICA SUELO-CULTIVO DEL FOSFORO Y MANEJO DE LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS (Parte I)\*

## INTRODUCCION

La producción global de alimentos tiene lugar en un complejo sistema agrícola que requiere de insumos que interactúan fuertemente entre sí. La principal responsabilidad de la persona a cargo del manejo de cualquier sistema agrícola es la de cosechar un producto que luego sale de la finca en forma de grano, frutas, fibra, carne, leche, etc. En estos productos se exportan también nutrientes esenciales para los cultivos.

El balance del fósforo (P) disponible para las plantas se puede describir esquemáticamente de la siguiente forma:

<b>Pérdidas</b>	: En la cosecha que sale de la finca Escorrentía superficial y erosión del suelo Fijación en formas no disponibles
<b>Ganancias</b>	: Fertilizantes fosfatados Meteorización muy lenta de los minerales primarios
<b>Redistribuciones:</b>	Desechos animales y humanos Residuos de cultivos

Con excepción de la pequeña contribución hecha por la meteorización de los minerales primarios, los fertilizantes fosfatados representan la única fuente nueva de P disponible que ingresa en el sistema. El P en los residuos animales y vegetales se originaron en el suelo y por esta razón no son ganancias sino simplemente una redistribución de P dentro del sistema.

El P presente en los fertilizantes fosfatados sirve para reemplazar en el suelo el P exportado en la cosecha y para mejorar la fertilidad de los suelos deficientes en este elemento. Si no existiese este reemplazo la producción de alimentos no podría sostenerse.

## LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS EN LA PRODUCCION DE CULTIVOS Y EL AMBIENTE

Debido a que el P se mueve muy poco en casi todos los suelos agrícolas las pérdidas por lixiviación al manto freático no tienen importancia. La principal preocupación ambiental relativa al uso de fertilizantes fosfatados es el potencial que estos tienen de contribuir con P a los cuerpos superficiales de agua resultando en una acelerada eutroficación. Cabe indicar que el P aportado por los fertilizantes orgánicos tiene el mismo potencial. La concentración de P en las aguas superficiales es importante y su control es esencial para mantener o

\* Artículo escrito por el Dr. Paul Fixen, Northcentral Director, Potash and Phosphate Institute (PPI).

mejorar la calidad de estos cuerpos de agua. En la mayoría de los casos, la contribución del P de las zonas agrícolas a los cuerpos de agua puede ser controlada al controlarse la erosión del suelo. En Estados Unidos por ejemplo, los programas para reducir la contaminación del agua han puesto a disposición de diferentes agencias, fondos federales que promueven principalmente la adopción de prácticas de manejo alternativas para controlar la erosión del suelo (Sharpley y Halvorson, 1992).

La fertilización fosfórica, basada en el análisis de suelo y dentro de un sistema de producción manejado adecuadamente puede más bien contribuir en forma positiva a la calidad del ambiente. Los cultivos que producen altos rendimientos pueden también producir abundantes residuos que ayudan a proteger la superficie del suelo y reducir la erosión (Karlen 1989). Los residuos de los cultivos pueden contribuir a mejorar la labranza del suelo, al mejorar la infiltración de agua y al reducir la escorrentía superficial especialmente en sistemas de labranza reducida o cero labranza.

Niveles óptimos de P en el suelo son obligatorios para mantener la productividad y promover la eficiente utilización de nitrógeno (N) en los cultivos. De esta forma se reduce al mínimo el potencial de contribución de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) a los mantos freáticos. Los datos de estudios a largo plazo conducidos en Kansas, que se presentan en la Tabla 1, ilustran la importancia de la nutrición balanceada en la producción de rendimientos altos y la utilización eficiente del N (Schlegel et al. 1992). Estos datos demuestran que la aplicación anual de 45 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por ha, por el espacio de 3 décadas, a maíz bajo riego, mantuvieron el nivel inicial de P en el suelo. Para el año 1991 los rendimientos donde no se aplicó P habían declinado al 43% en comparación con los rendimientos de los lotes fertilizados. Estos datos ilustran claramente el papel crítico que juega la fertilización fosfatada para mantener el potencial de producción de alimentos del recurso suelo.

Los datos en la Tabla 1 también ilustran el hecho de que en cultivos deficientes en P se reduce la absorción de N por los cultivos lo cual contribuye a la utilización ineficiente del  $\text{NO}_3$  del suelo. Como resultado de esto se incrementa la concentración de  $\text{NO}_3$  residual en el suelo al final del ciclo de cultivo y el potencial de movimiento del  $\text{NO}_3$  al manto freático es elevado. Estos datos demuestran que cuando se aplicó cantidades adecuadas de P el contenido de  $\text{NO}_3$  en el suelo, hasta una profundidad de 3 m, fue muy bajo. Además los rendimientos de los cultivos creciendo en suelos deficientes en P tienden a ser más variables a través de

**Tabla 1. Influencia de 30 años de fertilización fosfatada en los niveles de P en el suelo, en el rendimiento de maíz bajo riego y en el  $\text{NO}_3$  residual (Schlegel et al. 1992).**

Aplic. Anual $\text{P}_2\text{O}_5$	Bray 1 P		Rendim. de grano			Nitrato en suelo a 3 m
	60	89	1991	82-91	61-91	
kg/ha	ppm		t/ha			kg/ha
0	17	7	5.6	7.5	8.2	252
45	17	15	13.0	11.1	10.6	54

Dosis anual de N 180 kg/ha

**Tabla 2. Absorción y remoción de P de varios cultivos importantes.**

Cultivo	Rendimiento	Absorción Remoción Total	
		kg/ha	kg $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha
Trigo	2700	30	22
	5400	60	45
Maíz	7500	76	59
	10000	102	79
Arroz	6700	58	43
	10100	88	65
Soya	2700	43	36
	4100	65	54
Sorgo	5100	53	38
	8400	89	63
Alfalfa	9000	67	67
	18000	135	135
Festuca sp.	6700	63	63
	13500	126	126

Absorción = Solamente parte aérea  
Remoción = Solamente la porción cosechada

los años, lo cual hace más difícil determinar las metas del rendimiento para predecir las dosis óptimas de N.

#### REQUERIMIENTO DE P DE LOS CULTIVOS

Los requerimientos de P de los cultivos se pueden expresar de varias maneras y cada forma de expresión es importante por razones diferentes. La absorción total indica la cantidad de P que debe ser suplementada a la planta durante el ciclo de cultivo (Tabla 2). El P removido (exportado) en la porción cosechada de la planta sirve como primera aproximación para determinar la cantidad de P que debe regresar al suelo para mantener su fertilidad. Esta última expresión de requerimiento de P del cultivo es quizá la más importante en relación al manejo de la sostenibilidad de la fertilidad del suelo a largo plazo.

La absorción por unidad de tiempo a través del ciclo de cultivo es una expresión del requerimiento de nutrientes que usualmente tiene más aplicación para los nutrientes que se encuentran en el suelo en formas muy solubles. El  $\text{NO}_3$  es una de esas formas de nutrientes. El suelo debe contener o liberar diariamente suficiente cantidad de esta forma soluble para satisfacer las necesidades de absorción de la planta durante el ciclo. Si el suelo no puede satisfacer esta demanda, aun por muy pocos días, el crecimiento de la planta se reduce y el rendimiento final del cultivo puede reducirse apreciablemente.

Por otro lado, el P es bastante insoluble en el suelo. Por esta razón, el satisfacer el requerimiento diario de absorción de P no es tan importante como el satisfacer el requerimiento diario por unidad de longitud de raíz. Este parámetro es conocido como el factor de ingreso de P (Barber, 1984). Debido a la insolubilidad del P en el suelo, este nutriente se difunde muy lentamente y solamente en distancias muy cortas. Por esta razón, apreciable cantidad del P nativo del suelo y del P aplicado como fertilizante se localiza muy lejos de la raíz más cercana para ser absorbido. Esta es la principal razón para que solamente se recupere del 5 al 30% del P aplicado como fertilizante en el primer año después de la aplicación (Foth y Ellis, 1988).

Los sistemas radiculares más extensos pueden acceder a más P del suelo que los sistemas radiculares menos desarrollados. En la mayoría de las especies la parte aérea de la planta crece más rápidamente que las raíces a inicios del ciclo, haciendo que el requerimiento diario de P por unidad de longitud de raíz (factor de ingreso de P) sea más alto a principios del ciclo de cultivo. Por esta razón, al inicio del cultivo, el suelo debe suplir P a la planta en cantidades mayores y generalmente los síntomas de deficiencia de P aparecen en plantas de corta edad. En

algunas especies se presenta un segundo período de alta necesidad de P al final del ciclo cuando el decrecimiento en longitud de las raíces viables es más rápido que la acumulación de nutrientes.

Debido a que las condiciones ambientales pueden alterar sustancialmente la relación raíz a parte aérea de la planta, el requerimiento diario de P por unidad de longitud de raíz y en consecuencia los requerimientos de P en el suelo, pueden variar marcadamente de un ciclo a otro. Una planta con pocas raíces por unidad de parte aérea requerirá niveles mayores de P en el suelo que una con abundante número de raíces. Para alcanzar el potencial total del rendimiento se debe satisfacer el requerimiento diario de P por unidad de longitud de raíz durante todo el ciclo de cultivo por medio de la suma de las contribuciones del P en el suelo, del P residual del fertilizante y de nuevas aplicaciones de fertilizante fosfatado.

#### BIBLIOGRAFIA

- Barber, S.A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability. John Wiley and Sons, New York.
- Foth, Henry D. and Boyd G. Ellis. 1988. Soil Fertility. John Wiley and Sons, New York.
- Karlen, D.L. 1989. Proper management of soils can increase organic matter. Better Crops with Plant Food. 74(1):12-14.
- Karlen, D.L. 1989. Proper management of soils can increase organic matter. Better Crops with Plant Food. 74(1):12-14.
- Schlegel, A.J., J.L. Havlin, and K.C. Dhuyvetter. 1992. Thirty years of nitrogen and phosphorus fertilization of irrigated corn and grain sorghum. In J.L. Havlin (ed) Great Plains Soil Fertility Conference Proceedings, Vol. 4. Kansas State University, Manhattan, KS.
- Sharpley, Andrew and Ardell Halvorson. 1992. The management of soil phosphorus availability and its transport in agricultural runoff. In R. Lal (ed) Advances in Soil Science. In press.