

Efecto del Fosfato di Amónico Tratado con un Polímero, como fuente de lenta liberación de fósforo para evitar la fijación de este elemento en el suelo

Washington Padilla G.¹



Resumen— Mediante el uso de una planta indicadora como es el sorgo, se investigó el grado de eficiencia que puede presentar una fuente de fertilizante fosfatado protegida por un polímero que impide la fijación de este elemento en el suelo y por lo tanto permite ofrecer a la planta el fósforo necesario durante su ciclo de crecimiento, convirtiendo al 18-46-0, en fuente de lenta liberación. Los resultados agronómicos obtenidos demuestran que los tratamientos que contienen la fuente tratada con el polímero, presentaron mejores rendimientos a la vez que deja un residuo del elemento en forma disponible, que bien puede ser aprovechado por un nuevo cultivo o si se trata de un cultivo perenne o semi perenne, puede tener un comportamiento como fuente de liberación lenta, que permite realizar un menor número de aplicaciones sin temor a la fijación del fósforo en el suelo.

Palabras clave— Polímero, fuente de lenta liberación, factor de producción parcial.

Introducción

Generalmente, la disponibilidad del fósforo proveniente de una fuente fertilizante aplicada a un suelo ácido o a un suelo alcalino, empieza a declinar tan pronto como este fósforo llega al suelo. Para el caso de los suelos ácidos los complejos que se forman por la presencia de iones de hierro y de aluminio, que se incrementan a partir de pH's menores a 5.5, es la principal causa para que se produzca el fenómeno conocido como fijación de fósforo en el suelo; por otra parte a pH's superiores a 7.5 la presencia del ion calcio es muy frecuente y la formación de fosfatos de calcio, que se hacen cada vez más insolubles al incrementar la presencia de calcio en el compuesto, es la principal causa para hacer que el fósforo aplicado en estos suelos sea poco disponible para los cultivos. Padilla, 2000.

¹ Washington Padilla G. Ph.D., Director de Agrobiolab
agrobiolab@clinica-agricola.com

Para el caso de los suelos ácidos la práctica conocida como encalamiento, es decir la aplicación de CaCO_3 al suelo, evita la fijación de fósforo, pero el tiempo de su reacción bien puede sobrepasar los tres meses, tiempo en el cual muchos cultivos ya han finalizado sus ciclos y no han recibido el beneficio.

Para los suelos alcalinos el problema es más grave ya que la presencia del calcio inevitablemente con el fósforo forma compuestos poco solubles y reduce dramáticamente su disponibilidad.

El problema de hacer que el fósforo sea entregado lentamente desde varios compuestos, ha sido estudiado por medio del desarrollo de compuestos que tengan muy baja solubilidad en agua e impidan el rápido contacto del fósforo con el suelo o con la semillas o raíces de plántulas que pueden ser quemadas por la alta acidez ($\text{pH} < 3.5$) que se produce alrededor del gránulo de cualquier fuente fosfórica que es aplicada al suelo. Padilla, 2000.

Métodos que previenen la rápida disolución de la fuente fosfórica han sido fundamentados en cubrir o proteger con materiales de menor solubilidad en agua para retardar el ingreso del agua en la partícula y evitar la salida del fósforo.

Coberturas aplicadas a productos fosfóricos solubles, generalmente han sido de dos tipos:

1.- Cubiertas impermeables que requieren el rompimiento por medios físicos, químicos o por acción biológica antes que el nutriente sea disuelto.

2.- Cubiertas semipermeables a través de las cuales el agua se difunde y crea una presión interna suficiente para destruir la cobertura.

Tomando en consideración estos dos criterios y poniéndoles en combinación, se ha creado un polímero que es un producto que al añadirlo a cualquier fuente fosfórica sólida, permite que exista una liberación controlada del fósforo. De esta forma se obtiene un fertilizante de liberación lenta o controlada que no permite la rápida fijación del fósforo en el suelo.

Objetivos

Objetivo General.

El objetivo principal del presente trabajo es el de determinar el grado de eficiencia de la fuente de fósforo tratada con el polímero, al evitar la fijación rápida de este elemento y hacer lenta la entrega del fósforo.

Objetivos Específicos

Determinar en base de la producción de materia verde de la planta indicadora, sorgo, en el período de 80 días, la diferencia con el uso de una fuente fertilizante tratada y no tratada con el polímero.

Determinar mediante análisis químicos de laboratorio, la absorción de fósforo y de otros nutrientes en función del porcentaje de materia seca producida y de la concentración de los mismos en el extracto celular de las plantas ECP.

Materiales y Métodos

Ubicación

El experimento fue realizado en la finca experimental del GCA, ubicada en la zona de Tumbaco, Provincia de Pichincha, en un suelo franco arenoso con las características químicas que se presentan en el cuadro de análisis realizado antes de sembrar el ensayo. Cuadro 1.

Cultivo

El cultivo usado como indicador fue el sorgo, el mismo que fue plantado en el sistema de tres bolillos en platabandas de 70 cm de ancho y 18 m de largo, a una distancia de 20 cm entre plantas y 20 cm entre hileras, para tener una población de 20 plantas por parcela de 2.1 m² de superficie (3m x 0.7 m).

Fertilización

La fuente de fertilizante fosfórico utilizada fue el DAP (18-46-0) con el 46 % de P_2O_5 , la misma que fue aplicada en la dosis de 62, 124 y 186 Kg P_2O_5 /ha. Estas dosis fueron aplicadas en las parcelas correspondientes sin y con la cobertura del polímero en la dosis de 100 ml por cada 50 kg de material, DAP, tratado.

Tratamientos y Repeticiones

Fuente Fertilizante	Trat 1 kg/ha	Trat 2 kg/ha	Trat 2 kg/ha
DAP	62	124	186
DAP Tratado	62	124	186

La aplicación del fósforo se realizó al fondo del surco a chorro continuo procediéndole a tapar antes de colocar la semilla de sorgo. A las tres semanas de la siembra se aplicó una dosis de nitrógeno en forma de urea en banda lateral y tapada para evitar su volatilización como NH_3 .

Manejo del cultivo y evaluación

Las labores de deshierba, tratamientos fitosanitarios y de corte para toma de muestras para los análisis indicados en

este estudio, fueron realizados para todos los tratamientos de la misma manera, siguiendo el protocolo establecido.

Se tomaron muestras de suelo de cada parcela y por cada repetición para evaluar el movimiento del fósforo, fijación en el suelo y la asimilación del mismo por parte de las plantas.

De cada parcela neta, se tomaron 5 plantas enteras y se procedió a pesarlas dividiéndolas en raíces, tallos y hojas, para luego en ese material realizar el análisis del % de P en función de materia seca producida y de la concentración de PO4 acumulado en el torrente circulatorio de las plantas mediante un análisis de extracto celular (ECP).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño de bloques al azar con 3 repeticiones y la prueba de Tukey al 5 %.

Resultados

Condición química del suelo antes de la siembra

Lotes	pH	CE	MO	NH4	NO3	P	K
	dS/m	g/kg	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³
Lote Experimental	6.9 PN	0.59 B	2.34 A	35.4 M	23.5 B	62 A	0.92 A

Lotes	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn
	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	Mg/dm ³	Mg/dm ³	Mg/dm ³
Lote Experimental	8.9 A	3.41 A	0.07 B	6.8 E	75.8 E	6.5 M

Lotes	Zn	B	S	CICE	
	Mg/dm ³	Mg/dm ³	Mg/dm ³	cmolc/dm ³	
Lote Experimental	10.2 E	0.92 B	15.9 M	13.3 M	<i>Agrobiolab, 2008</i>

Cuadro 1. Análisis químico de suelos del lote en donde se desarrolló el experimento.

Lotes	pH	CE	MO	NH4	NO3	P	K
	dS/m	g/kg	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³
Lote Experimental	7.4 PN	0.63 B	1.34 B	34.5 M	27.7 B	290 E	0.58 A

Lotes	Ca	Mg	Na	Cu	Fe	Mn
	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³	Mg/dm ³	Mg/dm ³	Mg/dm ³
Lote Experimental	7.19 A	2.61 A	0.06 B	3.0 M	39.7 M	3.3 B

Lotes	Zn	B	S	CICE	
	Mg/dm ³	Mg/dm ³	Mg/dm ³	cmolc/dm ³	
Lote Experimental	5.2 M	0.58 B	7.2 B	10.44 M	<i>Agrobiolab, 2008</i>

Cuadro 2. Análisis químico de suelos de todo el lote, al final del experimento.

Tratamientos	pH	CE	NH4	NO3	P	K
	dS/m	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³
T1	7.37 Pn	0.39 B	34.17 B	20.13 B	122.8 A	0.57 A
T2	7.50 LAI	0.27 B	37.6 B	14.53 B	134.7 A	0.59 A
T3	7.30 Pn	0.29 B	39.0 B	14.53 B	163.3 A	0.55 A
T4	7.17 Pn	0.40 B	33.7 B	23.77 B	144.7 A	0.55 A
T5	7.07 Pn	0.44 B	32.8 B	24.07 B	163.7 A	0.50 A
T6	7.23 Pn	0.40 B	32.3 B	22.10 B	209.0 A	0.56 A

Cuadro 3. Análisis químico de suelos de cada tratamiento, de parámetros escogidos, al final del experimento.

Tratamientos	P	K	N	P	K
	% Raíz	% Raíz	% Hoja	% Hoja	% Hoja
T1	0.14	0.91	2.69	0.22	1.86
T2	0.15	1.01	2.62	0.27	1.88
T3	0.18	1.01	2.35	0.27	1.92
T4	0.23	1.09	2.65	0.33	2.15
T5	0.26	0.90	2.65	0.34	1.96
T6	0.25	0.95	2.91	0.37	2.09

Cuadro 4. Resultados del análisis de tejidos, raíces y hojas de parámetros escogidos.

Plantas	pH	NH4	NO3	PO4	K	CE	Vol	Peso Tallos
Tratamientos		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ml	g
T1	5.4	380.80	582.00	175.67	3641.7	13.29	19.9	26.08
T2	5.33	504.40	458.33	177.00	4666.7	13.10	35.7	42.09
T3	5.37	631.53	455.33	186.00	5541.6	13.83	33.0	49.40
T4	5.43	413.00	478.67	244.33	5233.3	13.13	26.0	55.27
T5	5.40	600.80	456.00	289.67	3658.3	15.52	22.3	56.00
T6	5.47	722.00	771.33	255.67	4316.7	16.5	21.3	63.69

Cuadro 5. Análisis del Extracto Celular de la Planta (ECP) de cada uno de los tratamientos

Tratamientos	Producción	Dosis de P	Eficiencia de P	Eficiencia de PO4 en ECP	Factor de Producción Parcial (FPP)	Eficiencia Agronómica (EA)
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/Kg	Kg/ppm	Kg Mverde/kg de P. aplicado	Kg de MV/kg de p. apl. Bajo diferentes dosis
T1	1036.70	62	4.63	30.54	16.72	-----
T2	1994.73	124	4.34	32.12	16.09	-----
T3	2474.15	186	3.41	22.26	13.30	-----
T4	1709.52	62	9.10	55.70	27.57	10.85
T5	1928.41	124	3.72	27.01	13.13	-2.95
T6	1240.51	186	19.39	12.94	6.67	-6.63

Cuadro 6. Resultados agronómicos del ensayo, por tratamientos.

Discusión de Resultados

El análisis químico de suelos antes de iniciar el ensayo Cuadro 1, demuestra que el suelo tiene un grado de fertilidad bastante aceptable para casi todos los elementos, situación que hace interesante para la obtención de los resultados esperados en el presente experimento.

Por otra parte el análisis de suelos realizado al final

del ensayo Cuadro 2, indica que el suelo quedó en algunos elementos disminuido y en otros, como el caso del fósforo, quedó bastante enriquecido en términos de promedio, este dato como será analizado posteriormente, es un indicativo de la respuesta obtenida.

Cuando se hace el análisis de suelos de cada una de las parcelas Cuadro 3, con los parámetros más indicados para evaluar el trabajo, al final del ensayo, se puede observar que existe un incremento muy consistente desde el tratamiento 1 al tratamiento 3 y del 4 al 6, notándose que el efecto tampón del suelo, el mismo que es de mediana acción por ser un suelo franco arenoso, el fósforo queda adsorbido en la matriz dando como resultado una disminución en la provisión de este importante elemento.

Este efecto se puede observar cuando se estudian los datos del Cuadro 4, donde se presentan los resultados de los análisis de tejidos, donde se ve que los tratamientos que tienen el fósforo tratado con el polímero (T3, T4 y T5) presentan una mayor concentración de fósforo lo cual puede deberse a la lenta y controlada entrega del elemento fósforo lo que resulta en una provisión permanente de fósforo desde el inicio hasta el final del ensayo Figura 1.

Este dato es corroborado por los datos encontrados en el análisis del ión fosfato al realizar el análisis del Extracto Celular de la Planta (ECP) del Cuadro 5 y Figura 2, donde la tendencia es exactamente la misma, manteniendo un grado de hidratación bastante adecuado, dato revelado por el volumen de líquido obtenido del extracto de los tallos de las plantas analizadas.

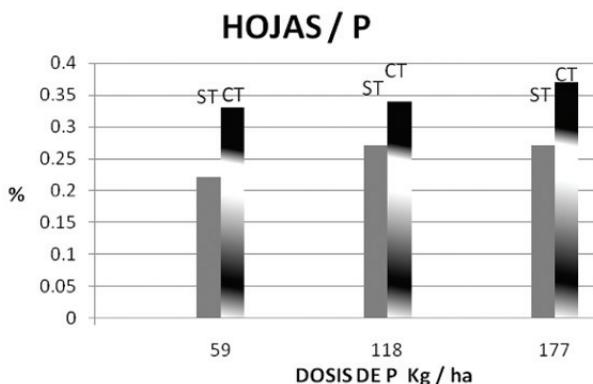
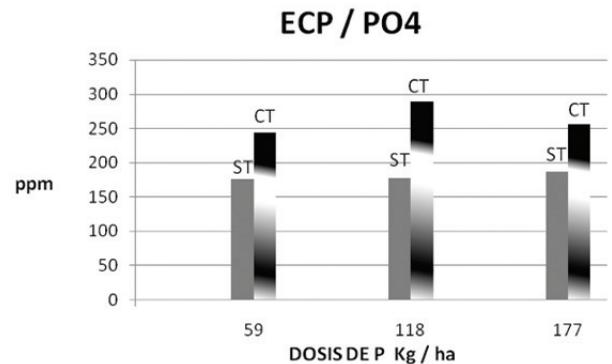


Figura 1. Eficiencia de la absorción de fósforo por las plantas de sorgo, en función de las dosis de fósforo tratado y sin tratar con el polímero.

Cuando se evalúan los resultados agronómicos del ensayo por tratamiento Cuadro 6 y Figura 1, se puede ver muy claramente que la mayor eficiencia del uso del fósforo por la planta se da en los tratamientos que tienen el fósforo protegido con el polímero obteniéndose el mayor valor con el tratamiento 6 de la dosis más alta de fósforo aplicada, pero al obtener el

mismo dato de eficiencia tomando el valor obtenido del ión fosfato con el ECP Figura 2, se puede ver que el tratamiento más eficiente es el número 4 con la dosis más baja del fósforo tratado con el polímero. Dibb, 2000.



*ST = Sin Tratamiento y CT = con tratamiento con el polímero

Figura 2. Eficiencia de la absorción de fósforo como PO4 por las plantas de sorgo, en función de las dosis de fósforo tratado y sin tratar con el polímero.

Por otra parte si se considera el Factor de Producción Parcial que es la obtención de los kilogramos de materia verde producida por kilogramo de fósforo aplicado (FPP). Stewart, 2007. Figura 3, se puede observar que el tratamiento 4 que contiene la dosis más baja de fósforo pero protegida con el polímero, determina el valor más alto del FPP, indicando que para el caso del presente ensayo no era necesario aplicar una dosis más alta que 60 Kg de P2O5 por hectárea para alcanzar la máxima eficiencia en la aplicación del fósforo.

Debido a que no se llegó a alcanzar la producción final del cultivo de sorgo, sino que se evaluó únicamente en el valor de materia seca producida en los 80 días de desarrollo del cultivo, no se puede realizar un análisis económico de los tratamientos estudiados.

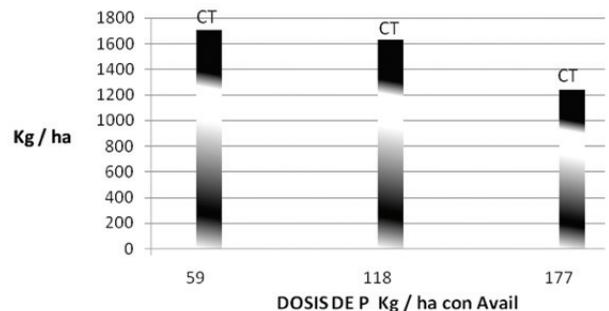
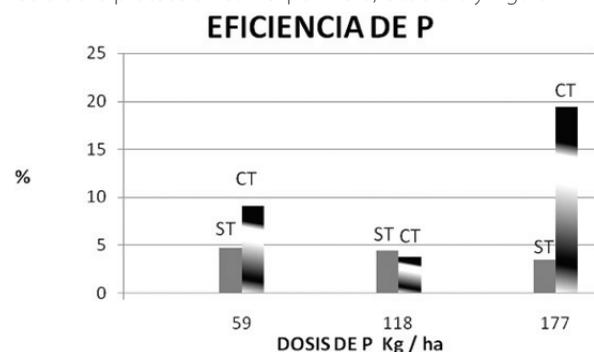


Figura 3. Efecto de las dosis de fósforo tratado con el polímero en relación al Factor de Producción Parcial (FPP).

Un dato adicional que permite evaluar la eficiencia del polímero como agente para provocar un efecto de lenta liberación del fósforo es el de la Eficiencia Agronómica (EA), en el cual el tratamiento con la dosis más baja de fósforo pero tratado con el polímero, presentó el valor más alto que de igual

manera determina la eficiencia del fósforo para la obtención de los kilogramos de materia verde por kilogramo de fósforo aplicado, en comparación con los tratamientos que no han recibido la protección con el polímero, Cuadro 6 y Figura 4.



* ST = Sin Tratamiento y CT = con tratamiento con el polímero

Figura 4. Eficiencia de la absorción de fósforo por las plantas de sorgo, en función de la concentración de fósforo en las hojas, según las dosis de fósforo tratado y sin tratar con el polímero.

Conclusiones

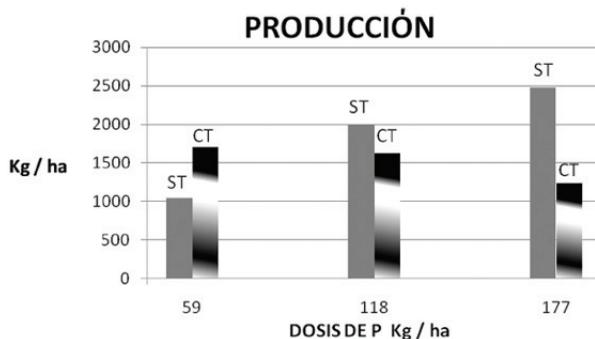
Los resultados de rendimiento obtenidos por los diferentes tratamientos al trabajar con una planta indicadora como es el caso del sorgo, que es considerado como una planta de ciclo relativamente corto, han determinado que la asimilación del fósforo por parte de este cultivo fue muy aceptable, dejando suficiente reserva para un próximo ciclo, situación que puede muy bien ser considerada cuando se trabaja con cultivos perennes o semi perennes como palma africana, banano y pastos, los cuales requieren de una dotación de fósforo más lenta pero permanente durante todo su ciclo, sin temor a que este valioso e importante elemento, que es el fósforo, sea fijado en forma permanente en el suelo.

Cuando el contenido de fósforo en el suelo, de acuerdo con un análisis, se presenta como alto, la dosis a ser aplicada debe ser la suficiente como para permitir que reproduzca el efecto de difusión, que permite al fósforo moverse desde la zona de mayor concentración a la de menor concentración que corresponde a la rizosfera.

Para el presente ensayo se encontró que la dosis más baja 59 Kg/ha de fósforo fue suficiente para alcanzar la mayor eficiencia de absorción de este elemento por parte de la planta utilizada como indicadora, en el tiempo de desarrollo de 80 días. Gráfico 5.

La absorción de fósforo encontrado como ión PO₄ en el Extracto Celular de la Planta (ECP), fue un gran indicador para ver el efecto positivo de una fuente de lenta liberación de fósforo, como el caso del tratamiento con el polímero, para lograr una buena acumulación de este ión PO₄ que representa la fuente de energía de la planta ya que es el precursor de la

formación de la adenosin tri fosfato (ATP).



* ST = Sin Tratamiento y CT = con tratamiento con el polímero

Figura 5. Rendimiento en kilogramos de materia verde producida en cada tratamiento, con y sin la aplicación del polímero.

Bibliografía

- Padilla W. 2000. Fertilización de Suelos y Nutrición Vegetal. Publicación digital. pp.182
- Stewart. W.M. 2007. Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. En Informaciones Agronómicas No 67. International Plant Nutrition Institute. pp. 2.
- Dibb. D. 2000. Eficiencia de uso de nutrientes: verdades y mitos. En Informaciones Agronómicas No 41. International Plant Nutrition Institute. pp. 7.



Autor: Washington Padilla Galarraga

Ph.D. de la Universidad de Minnesota, Saint Paul, USA, Doctor en Química, Física de Suelos y Nutrición de Plantas, Master of Science, Raleigh USA en North Carolina State University, Ingeniero Agrónomo de la Universidad Central del Ecuador, Quito.

Se ha desempeñado en: Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Agronomía. Profesor Asistente y Laboratorista, INIAP Estación Experimental Santa Catalina, Universidad de Minnesota - Profesor Asistente Cátedra de Físico-Química de Suelos. Saint Paul, INIAP Director del Proyecto de Conservación de Suelos y Aguas (COMSA). Quito, AGRIPAC S.A. Gerente Técnico a nivel nacional, CHEVRON CHEMICAL CO. Gerente Técnico para los países del Pacto Andino- Quito, AGROBIOLAB CIA. LTDA. Director General Laboratorio Análisis de Suelos, Plantas y Aguas. Quito, FERTILOM CIA. LTDA. Gerente General. Quito, AGROBIOCIENCIA CIA. LTDA. Gerente General. Quito, Profesor de la Cátedra de Suelos y Nutrimiento de Plantas, Universidad Central del Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial.

Más de 50 publicaciones sobre Fertirrigación de Suelos, nutrición de plantas, control inducido de plagas y enfermedades, conservación de suelos y medio ambiente.