

FERTILIZACION FOSFATADA PROLONGADA Y CONTENIDO DE ELEMENTOS TRAZA EN UN ARGUJUDOL TIPICO DE LA PAMPA ONDULADA

MS ZUBILLAGA, RS LAVADO

Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. Facultad de Agronomía – UBA, Av. San Martín 4453 - C1417DSQ Buenos Aires – ARGENTINA, e-mail: zubillag@agro.uba.ar

Recibido 14 de junio de 2002, aceptado 16 de octubre de 2002

LONG TERM PHOSPHATE FERTILIZATION AND TRACE ELEMENT CONTENTS IN A TYPIC ARGUJUDOLL OF THE ROLLING PAMPAS

The application of phosphorus fertilizers can produce an accumulation of trace elements (TE) in soils. Little is known about the input of TE from commercial P fertilizers in Argentina. Our objective was to evaluate the total and bioavailable content of TE of a Typic Argujudoll fertilized with diammonia phosphate for 20 years. The work was performed on the Rolling Pampas, Argentina. The treatments were: 1) pristine plot, with no history of fertilization; 2) rotation plot (alfalfa non fertilized, but fertilized previous corn) and 3) continuous corn plot, fertilized with diammonia phosphate. Total (aqua regia) and bioavailable (DTPA) TE in soils were determined with IPC. Other soil properties were also determined. The soil total micronutrient concentrations were lower in the continuous corn plot, which could be accredited to crop exportation. On the other hand, bioavailable form of Cu, Mn y Zn were higher in this treatment, and it was related to acidification and changes in organic C in those soils. There were no evidences of changes in the total and the bioavailable contents of heavy metals in the soil. It was concluded that TE accumulation due to continuous phosphorous fertilization is not relevant in the studied area.

Key words: Trace Elements, Phosphoric Fertilization, Soil Contamination, Rolling Pampas.

INTRODUCCION

La aplicación de fertilizantes afecta diversas propiedades de los suelos, siendo el efecto más conocido el cambio de pH. La fertilización fosfatada, cuando es continuada a lo largo de muchos años puede causar la acumulación de elementos traza (ET) en los suelos (Singh 1994). Esto se debe a la presencia de impurezas de la materia prima (roca fosfórica). Los ET, que se encuentran en concentraciones variables, persisten en los fertilizantes comerciales. De tal forma, los fertilizantes fosfatados son portadores de cadmio, cinc, cobalto, cobre, cromo, flúor, níquel, plomo, y muchos otros elementos químicos, incluyendo elementos radioactivos (Charter *et al.* 1995). Estos elementos no sólo se acumulan en los suelos sino que, dado que algunos como el cadmio poseen formas solubles en los fertilizantes, su utilización durante largos períodos de tiempo también causa una mayor absorción por los cultivos (Singh 1994).

Los suelos agrícolas de la región

pampeana presentan bajas concentraciones naturales de ET. Camillón *et al.* (1996) en suelos agrícolas situados al sur de la ciudad de La Plata encontraron contenidos de Zn entre 20 y 70 µg/g y entre 8 y 31 µg/g de Cu. Lavado *et al.* (1998) en suelos agrícolas y pasturas en un área de 250 km alrededor de la ciudad de Buenos Aires, encontraron concentración medias de 84,07 ppm Zn, 33,87 ppm Pb, 0,77 ppm Cd, 30,1 ppm Cr, 34,52 ppm Co, 15,9 ppm Ni y 29,675 ppm Cu. En la Pampa Ondulada Lavado *et al.* (2002) encontraron que los valores y los rangos de dispersión de 12 ET no se alejan de los encontrados en suelos no contaminados de otras partes del mundo. Sin embargo, se han registrado indicios de acumulación de ET en suelos fertilizados, pese a su corta historia de fertilización fosfatada (Lavado *et al.* 1999). El consumo de fertilizantes se incrementó significativamente en los últimos años, por ello es importante conocer la eventual acumulación de estos ET, para evitar llegar a niveles críticos en los suelos y cultivos. Nuestro objetivo fue evaluar la eventual acumulación de elementos

traza en sus formas total y / o biodisponible, atribuibles a la fertilización con fosfato diamónico, en un Argiudol Típico de Pampa Ondulada, sujeto a diferentes manejos.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó en un Campo Experimental de la empresa Monsanto SA, ubicado en Salto, Buenos Aires (34° 15' Lat. S, 60° 15' Long. O). El suelo fue un Argiudol Típico de la Serie Rojas (INTA 1989), representativo de los suelos de la Pampa Ondulada. La composición granulométrica del horizonte superficial fue de 20 % arcilla, 76 % limo y 4 % arena. Se muestrearon tres lotes contiguos de aproximadamente 2 hectáreas cada uno, con la siguiente historia agrícola: *Lote prístino*: parque sin historia de fertilización y sin remoción por cosechas, ya que el césped cortado no se extrae; *Lote rotación*: cultivo de alfalfa para cosecha de 5 años de antigüedad al momento del muestreo, sin recibir fertilización. Previamente se cultivó maíz por 15 años consecutivos con la adición anual promedio de 35 kg P ha⁻¹ como fosfato diamónico; *Lote maíz fertilizado*: 20 años de monocultivo de maíz en labranza convencional, con adición anual promedio de 35 kg P ha⁻¹ como fosfato diamónico. Los dos lotes cultivados estuvieron sometidos a agricultura en el pasado, pero no se registró aplicación de fertilizantes.

Las unidades de muestreo fueron los lotes, por lo que estadísticamente se trataron los resultados bajo la forma de pseudoreplicación (Hurlbert 1984). Esto se debe a la insalvable imposibilidad de repetir las características de los lotes y los manejos. Se tomaron 12 muestras de suelo superficial (0-0,20 m de profundidad) de cada lote y se determinaron en cada una de las muestras boro (B), cadmio (Cd), cinc (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), níquel

(Ni), manganeso (Mn) y plomo (Pb). Las extracciones totales se efectuaron con agua regia (ácidos HNO₃-HCl-H₂SO₄ concentrados) y la fracción biodisponible se extrajo mediante agua caliente en el caso del B, y DTPA en el resto de los metales. Todos los ET se determinaron por espectrometría de inducción de plasma (ICP). En todas las muestras se determinó pH (relación suelo:agua, 1:1); calcio, magnesio y potasio intercambiables (extracción con acetato de amonio y determinación con adsorción atómica); C orgánico (Walkley y Black) y P disponible (Bray y Kurtz 1). En un tercio de las muestras se determinó textura. Todas las técnicas analíticas utilizadas se encuentran descritas por Sparks *et al.* 1996. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante análisis de varianza. Todos los valores de diferencia mínima significativa (L.S.D) se presentan para un nivel de probabilidad del 5%.

No se conocen exactamente las concentraciones de ET en el fertilizante utilizado en los distintos años. Sin embargo, análisis de fosfato diamónico utilizado en la región y en la época de aplicación del presente indica la siguiente composición media: Cd 3,1 mg/kg; Cr 50,0 mg/kg; Cu 3,6 mg/kg; Fe 0,018 %; Mn 400 mg/kg; Ni 12,8 mg/kg; Pb 5,7 mg/kg y Zn 55,7 mg/kg. No hay información de la concentración de B.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las concentraciones de ET totales (Tabla 1) se encontraron dentro de los límites base establecidos en suelos agrícolas de áreas cercanas (Lavado *et al.* 1998; 2002). En el caso de B y Zn, las concentraciones fueron menores en el lote con maíz fertilizado. Ello puede deberse a la exportación por el cultivo, durante los años en que no se utilizaron fertilizantes.

Tabla 1. Concentración promedio de elementos traza biodisponibles y totales.

Table 1. Average of bioavailable and total trace element concentrations.

Elemento	Biodisponible			Total		
	prístino	rotación	maíz	prístino mg.kg ⁻¹	rotación	maíz
Zn	41,34 b	46,17 a	44,55 a	82,65 a	79,87 ab	76,45 b
Mn	13,68 b	10,22 b	20,28 a	821,40 a	815,78 a	768,50 a
Cu	1,23 b	1,32 ab	1,35 a	28,23 a	28,63 a	24,70 a
Fe	84,75 a	81,33 a	81,20 a	217,50 a	217,50 a	212,50 a
B	0,50 a	0,43 b	0,48 ab	1,02 a	0,73 b	0,80 ab
Cr	13,67 a	13,6 a	13,75 a	< 25	< 25	< 25
Ni	12,03 a	9,23 b	12,17 a	< 25	< 25	< 25
Pb	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25	< 25
Cd	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (n=12, p<0.05).

Tabla 2. Propiedades químicas del suelo estudiado.

Table 2. Chemical properties of the studied soil.

Tratamiento	pH	C orgánico g kg ⁻¹	P extractable	μg g ⁻¹		
				K int.	Mg int.	Ca int.
Prístino	6,12 a	21,0 a	61,50 b	721,50 a	229,50 a	1971,00 a
Rotación	5,83 b	12,6 b	135,83 a	530,17 b	190,50 b	1763,00 b
Maíz	5,47 c	12,5 b	137,50 a	578,67 b	154,83 c	1362,00 c

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre situaciones ($p < 0.05$).

En un área cercana, Urricariet y Lavado (2000) encontraron que el maíz extrajo selectivamente estos micronutrientes luego de varios años de cultivo sin fertilización. Esta misma tendencia fue observada por otros autores, comparando ET en suelos fertilizados y no fertilizados (Jones *et al.* 2002). En los tres lotes estudiados, las concentraciones de Cd, Cr, Ni y Pb se encontraron por debajo de los límites usuales de detección de datos de laboratorio. Esta similitud entre lotes indica que no se registró ninguna acumulación de ET's, atribuible a las diferentes historias de fertilización. Estos resultados coinciden con trabajos recientes con igual antigüedad de fertilización (Jones *et al.* 2002).

Las concentraciones de ET biodisponibles fueron bajas (Pais, Benton Jones 1997). Sin embargo, en el caso de Cu, Mn y Zn las concentraciones fueron significativamente más elevadas en el lote maíz fertilizado, respecto al lote prístino. Probablemente, durante el monocultivo de maíz fertilizado se acidificaron los suelos y los ET pasaron a formas más disponibles, independientemente de su concentración total. En efecto, se encontraron relaciones significativas y negativas entre el pH (Tabla 2) y los contenidos biodisponibles de Zn, Mn y Cu ($r = -0.86^{***}$, $r = -0.64^{***}$ y $r = -0.66^{***}$, respectivamente). El descenso del pH pudo deberse a la formación de protones por la solubilización del fertilizante, su intercambio con las bases y la posterior lixiviación de éstas. Esta idea es avalada por las correlaciones también significativas entre pH y las concentraciones de Ca, Mg y K intercambiables ($r = 0.93^{***}$; $r = 0.86^{***}$ y $r = 0.65^{***}$, respectivamente). Tampoco debería descartarse que más que a la fertilización, las

diferencias en pH puedan deberse a razones más ligadas al manejo agrícola. Precisamente, el contenido de C orgánico, que es un indicador de deterioro de suelos por uso agrícola (Tabla 2), estuvo también significativamente correlacionado con el pH de los suelos ($r = 0.72^{***}$). También existió vinculación entre el C orgánico y la disponibilidad de Zn ($r = 0.71^{***}$) y, en forma inversa, con el Cu ($r = -0.50^{**}$).

El B, un elemento no influenciado por los cambios de pH, presentó menores concentraciones bajo rotación. Excepto para el caso del Ni, ningún otro ET biodisponible mostró cambios significativos entre tratamientos. Como es esperable (por ejemplo Richards *et al.* 1998), la aplicación continua del fertilizante provocó un importante incremento del P disponible del suelo (Tabla 2).

En síntesis, en la localización y las condiciones del presente estudio se registraron pequeños cambios en las concentraciones de micronutrientes, atribuibles a extracción por el cultivo de maíz, por un lado, y la acidificación del suelo y las diferencias en el contenido de C, por el otro. Las relaciones encontradas están de acuerdo otras investigaciones sobre elementos traza (Fageria *et al.* 2002).

La fertilización por 20 años sucesivos de maíz no ocasionó cambios en el contenido de ET's totales y biodisponibles. Podría inferirse, entonces, que la acumulación de elementos a niveles potencialmente tóxicos no será un fenómeno trascendente en el corto / mediano plazo, si se siguen utilizando este tipo de fertilizantes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la dirección del semillero Monsanto S.A. por permitir la extracción de muestras en el establecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- Camili6n M, Hurtado M, Roca A, Da Silva M. 1996. Niveles de Cu, Pb y Zn en Molisoles, Alfisoles y Vertisoles platenses, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Actas Congreso Latinoamericano de Suelos, Brasil 9:16.
- Charter RA, Tabatabai MA, Schafer JW. 1995. Arsenic, molybdenum, selenium, and tungsten contents of fertilizers and phosphate rocks. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:3051-3060.
- Fageria NK, Baligar VC, Clark RB. 2002. Micronutrients in crop production. *Adv. Agronomy* 77: 185-268.
- INTA. 1989. Atlas de suelos de la Rep6blica Argentina. CIRN. Instituto de Evaluaciones de Tierras. Buenos Aires.
- Jones CA, Jacobsen J, Lorbeer S. 2002. Metal concentrations in three Montana soils following 20 years of fertilization and cropping. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 33:1401-1414.
- Lavado RS, Rodr6guez MB, Scheiner JD, Taboada MA, Rubio G, Alvarez R, Alconada M, Zubillaga MS. 1998. Heavy metals in soils of Argentina: Comparison between urban and agricultural soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 1913-1917.
- Lavado RS, Porcelli CA, Alvarez R. 1999. Concentration and distribution of extractable elements in a soil as affected by tillage and fertilization. *Sci. Total Environment* 232:185-191.
- Lavado RS, Acuña E, Taboada MA. 2002. Niveles base de elementos potencialmente t6xicos y su variabilidad en argiudoles del sur de la Pampa Ondulada. XVIII Congreso Nacional de Ciencias del Suelo, Puerto Madryn, marzo del 2002. Pag: 130.
- Pais I, Benton Jones Jr J. 1997. The handbook of Trace Elements. St. Lucie Press, Florida.
- Richards R, Clayton CJ, Reeve AJ. 1998. Effects of long-term fertilizer phosphorus application on soil and crop phosphorus and cadmium contents. *J. Agricultural Sci*, 131: 187- 195.
- Singh BR. 1994. Trace element availability to plants in agricultural soils with special emphasis on fertilizer inputs. *Environ. Rev* 2:133-146.
- Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Loeppert RA, Soltanpour PN, Tabatabai MA, Jhonston CT, Sumner ME (Eds.). 1996. *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*. 3rd Ed. 1390p. ASA. Madison, Wisconsin, USA.
- Urricariet S, Lavado RS. 1999. Indicadores de deterioro en suelos de la Pampa Ondulada. *Ciencia del Suelo* 17:37-44.