

Comparación de dos cultivos indicadores de la disponibilidad de metales pesados

María J. Lema; Generosa González; Saleta G-Pimentel; Pablo Rodríguez
Estación Fitopatológica do Areeiro. Diputación Provincial. 36153. Pontevedra
mse@efa-dip.org

Resumen

Las entradas de metales pesados provenientes de lodos de depuradora son controladas, normativamente, en la fracción total de los suelos agrícolas receptores pero, técnicamente, es aconsejable su determinación en la fracción disponible y en los propios cultivos. En el presente trabajo se efectuaron siete tratamientos con lodo y gallinaza en dos suelos ácidos, tanto en maceta como en campo, utilizando como testigos la lechuga y cebada, respectivamente, para observar el trasvase de los citados metales, es decir, la biodisponibilidad efectiva.

Para todos los tratamientos efectuados se detectan diferencias significativas entre los dos suelos en el cobre, cromo y níquel pero no en el zinc total; diferencias que para este último ya se detectan en la fracción disponible y que se manifiestan igualmente –y en el mismo sentido- en la composición de los dos cultivos.

Se muestran diferencias significativas entre la composición de la lechuga y la cebada, siendo en general más extractiva la primera y particularmente bajos los contenidos de calcio y manganeso en la cebada. Destaca la alta acumulación de cobre, zinc y fósforo y baja de hierro y manganeso por la cebada en el suelo de niveles superiores. En la lechuga el cobre y el hierro desciende a los tres meses mientras asciende la concentración de zinc hasta alcanzar niveles críticos. El análisis de la planta es tan buen indicador como el del suelo, pero además informa de los efectos de la potencial toxicidad en nutrientes como el fósforo, calcio, hierro o manganeso, permitiendo un mejor diagnóstico del problema.

Palabras clave: suelos ácidos, lodos depuradora, composición de cebada y lechuga

Abstract

Title: Comparison of two cultivars as indicators of heavy metal pollution

Soil inputs of heavy metals from sewage sludge are usually controlled in total and extractable soil fractions and in vegetative tissue of some test cultures. In this work different doses of sewage sludge and broiler chicken manure were applied in two acidic soils in order to check bioaccumulation of some heavy metals by lettuce and barley.

For every treatments there are significant differences between soils for copper, chromium and nickel but not for total zinc. Differences which appear on DTPA extractable Zn as well as in both lettuce and barley composition. Both cultures show differences among soils for different nutrients and metals.

There are significant differences between lettuce and barley composition, being concentration of every nutrients higher in lettuce. Plant analysis reflects better than soil analysis potential toxicity of zinc, but early barley accumulation of copper and zinc in the soil of higher levels point out that this is a better indicator of its potential toxicity than lettuce.

Vegetative tissue analysis provides additional information on the actual effects of heavy metals on other essential nutrients such as phosphorus, calcium, iron, manganese and thus allowing a close diagnosis of the problem and its correction.

Keywords: heavy metals, sewage sludge, barley composition, lettuce composition.

Introducción

El aporte reiterado de purines y – más recientemente- de lodos de depuradora urbana en los suelos agrícolas ha motivado la necesidad de controlar las posibles entradas de metales pesados contaminantes. De hecho, es obligatoria la determinación de los niveles totales de cobre, níquel y zinc, entre otros (R.D. 1310/1990). Sin embargo, se entiende que los son en la medida en que pasan a la cadena trófica. Así, en numerosos estudios se comprueba la actividad real de éstos en la fracción disponible del suelo y en los propios cultivos, como índice de la bioasimilación efectiva.

Los suelos de Galicia son particularmente problemáticos para este uso porque su característica acidez potencia la disponibilidad de los metales y además presentan en condiciones naturales niveles elevados de los mismos. Si bien, la disponibilidad real depende de multitud de factores del suelo tales como pH, cantidad y tipo de materia orgánica, presencia de oxihidróxidos de hierro y aluminio, los cuales pueden contrarrestar – o no – los efectos tóxicos de los metales. De hecho, desde la Unión Europea se dictan unos límites genéricos, pero se admiten propuestas alternativas en áreas concretas si se controla la absorción de metales por los cultivos (EC-JRC, 2001).

Entre los diversos cultivos indicadores, se considera que las gramíneas asimilan menos y son más tolerantes que las hortalizas, destacando en este último grupo la lechuga por su alta bioacumulación de elementos potencialmente tóxicos (Felipó, 2001); por su parte, entre los cereales, se califica a la cebada como buena indicadora de la toxicidad por cobre y zinc. Y, en todo caso, los efectos de los metales se traducen en una inhibición en la absorción de otros elementos esenciales, de modo que la sintomatología resultante es compleja y el diagnóstico exige la determinación de todos los nutrientes en la planta (Bergmann, 1992).

En el presente trabajo se caracteriza la presencia de metales pesados en las fracciones total y disponible de dos suelos ácidos sometidos a diferentes aportes de residuos orgánicos: lodo y gallinaza, y se compara la absorción efectuada por dos cultivos tipo: cebada y lechuga, a efectos de deducir cual puede ser más eficaz como indicador de la presencia de elementos potencialmente tóxicos en el medio edáfico.

Materiales y métodos

En primavera de 2003 se dispusieron al aire libre 63 macetas con 5 kg de tierra procedente de un suelo en barbecho y el mismo número de un suelo intensivamente cultivado para ensayar cinco combinaciones diferentes de abonado con lodo y/o gallinaza y una fórmula con fertilizante mineral, así como los controles sin abonado (tabla 1), siguiendo un diseño experimental de tres bloques al azar con tres repeticiones.

Se efectuó el trasplante con lechugas sembradas en turba el 21 Marzo. Para los controles vegetativos se tomó planta completa el 21 de Abril y el 20 de Junio, es decir, un mes y tres meses después del trasplante (tabla 1). Después del lavado y secado a 80°C, se procedió a efectuar una mineralización seca y a la posterior determinación de fósforo por colorimetría y de potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, cobre, zinc, níquel y plomo por espectrofotometría de absorción atómica.

El cultivo de cebada se efectúa en los mismos suelos, en parcelas experimentales de cuatro metros cuadrados, y se somete a las mismas dosis y combinaciones de abonado orgánico que la lechuga; se toman muestras de la misma el 28 de abril, es decir, un mes después de la emergencia para los análisis químicos de tejido vegetativo.

El lodo empleado procede de la estación depuradora de aguas residuales de Carballo, con una población equivalente de 16000 habitantes. Presenta 1,5 mg kg⁻¹ de Cd, 143 de Cr, 318 de Cu, 180 de Pb, 107 de Ni y 692 mg kg⁻¹ de Zn total s.m.s., siendo por tanto apto para su uso agrícola. Los metales totales en la gallinaza son todavía inferiores a los contenidos en el lodo.

Tres días después de añadir cada uno de los tratamientos se tomaron muestras de tierra para los análisis químicos generales, esto es, contenido de materia orgánica por calcinación, valores de pH en H₂O y en KCl, fósforo disponible por Olsen, cationes desplazados con cloruro amónico y aluminio de cambio con cloruro potásico, estimándose la CiCe a partir de la suma de bases de cambio más el aluminio.

Así mismo, se determinó el cobre, zinc, níquel, plomo y cromo totales mediante digestión ácida de las muestras en microondas Ethos D y los mismos metales, así como el hierro y el manganeso, desplazados con EDTA siguiendo los métodos propuestos por Carter (1992), tal como se detallan en Lema et al. (2004).

El suelo en barbecho (B) presenta una mayor acidez potencial y aluminio de cambio que el suelo agrícola (tabla 2), el cual presenta unos niveles significativamente superiores de fósforo disponible así como de calcio y magnesio de cambio. No son destacables las diferencias causadas por los diferentes tratamientos, salvo la intensa acidificación que produce el tratamiento con fertilización mineral en el suelo B.

El cobre total en el suelo agrícola (A) sobrepasa en seis veces al del suelo B, siendo también superiores los niveles de níquel y cromo (tabla 3). Las diferencias entre los dos suelos son todavía más acusadas para el cobre disponible, mostrándose también en esta fracción diferencias en el hierro, níquel y zinc, siempre superiores en el suelo A.

Resultados

No se han detectado diferencias significativas en la composición de la cebada y la lechuga en función de los tratamientos ensayados, salvo las advertidas para el potasio o las derivadas del tratamiento mineral en el calcio y manganeso, que se detallan posteriormente. Diferencias que sí se producen de manera consistente en función del suelo (A o B) y del propio cultivo (C o L), así como del momento de muestreo de la lechuga (1 o 3), tal como se recoge en la figura 1.

El patrón de respuesta de los cultivos es similar en los dos suelos, en ambos se reproducen –o no– las diferencias significativas entre la cebada y lechuga o entre diferentes fases del mismo cultivo, con dos únicas excepciones: el fósforo, que se acumula en cebada en el suelo agrícola (A) y el manganeso que lo hace en lechuga en el suelo B en barbecho. Dentro de este patrón global, son muy superiores las concentraciones de potasio y cobre en las plantas del suelo A que del B en cualquiera de las tres hipótesis consideradas y significativas pero menos acusadas las de magnesio y zinc. Por el contrario, el contenido vegetativo de calcio y de hierro en las plantas crecidas en el suelo B supera o iguala al alcanzado en el suelo A.

Por su parte, son muy acusadas las diferencias existentes entre los dos cultivos en ambos suelos para el calcio, magnesio, sodio, hierro y manganeso, y siempre superiores en la lechuga, mientras que se reducen apreciablemente para el potasio. Destaca la respuesta de la cebada para el cobre y zinc, cuya concentración es claramente inferior a la de la lechuga en el suelo B mientras que se igualan en el suelo A.

La evolución de la composición de la lechuga difiere para cada uno de los nutrientes; así, asciende la concentración de calcio, fósforo, magnesio, zinc y manganeso - con la salvedad citada anteriormente - pero desciende la de potasio, sodio, hierro y cobre.

Para todos los tratamientos ensayados se manifiesta una respuesta muy homogénea en la concentración de macronutrientes, con la única excepción del manganeso. En la versión poster se recogen con detalle las acusadas diferencias entre los dos cultivos para el calcio y las diferencias entre cultivos y momentos para el magnesio, apareciendo reflejadas las posibles diferencias entre los suelos más acusadamente en la cebada que en la lechuga. Destaca, además, la intensa absorción de manganeso por la lechuga en uno de los suelos, mientras que las potenciales diferencias en el suministro de zinc se manifiestan con mayor claridad para la cebada. Y ambos cultivos se muestran como buenos indicadores de las diferencias existentes en el cobre total y extraíble de los suelos.

Discusión

La cebada ha sido particularmente eficaz absorbiendo fósforo en el suelo más enriquecido y, por ello, ha podido aliviar las posibles consecuencias de unos niveles elevados de zinc que se producen en ambos suelos, mientras que la relación entre la concentración de ambos nutrientes es inferior a 50 en la lechuga, umbral que se asocia con efectos tóxicos de este elemento.

Las elevadas concentraciones de manganeso en la lechuga del suelo B se acompañan de niveles inferiores de cobre y de zinc, pero no se puede afirmar que sean debidas únicamente a una inhibición en la absorción provocada por exceso del primero, tal como relata la bibliografía, dado que son igualmente inferiores los niveles de cobre total y disponible y de zinc disponible en este mismo suelo.

Tal como cabe esperar de su composición normal, la cebada presenta concentraciones inferiores de todos los elementos salvo de fósforo. Destaca en las condiciones del ensayo por la baja concentración de calcio, hierro y manganeso, lo cual podría asociarse con una mejor adaptación a los ambientes ácidos en el sentido de necesitar menos calcio y rechazar el hierro y manganeso abundante en este tipo de suelos.

En resumen, no se puede interpretar el comportamiento de los micronutrientes sin tener en cuenta las interacciones que pueden ejercer otros elementos – necesarios o no – y los macronutrientes. Por otra parte, los comportamientos mencionados - y la utilización de la planta como testigo de una situación del suelo - se refieren a plantas de un mes; con la ventaja que supone la detección precoz de toxicidades en el suelo.

Se concluye que el análisis de ambos cultivos refleja diferencias significativas en la concentración de cobre y de zinc en función del suelo que ya se manifestaban en el cobre total y disponible pero no así en el zinc; por tanto, las diferencias en el suministro- y potencial toxicidad por zinc- se detectan mejor en planta.

Además, la concentración de cobre y zinc es superior en la lechuga que en la cebada, como de la generalidad de los nutrientes, pero la cebada destaca por su capacidad acumuladora de zinc en el suelo de niveles más elevados y además precozmente, mientras que en la lechuga no se detectaría hasta transcurridos tres meses.

Finalmente, el análisis del tejido vegetativo permite observar la influencia ejercida indirectamente en otros nutrientes, tales como fósforo y manganeso, una información adicional necesaria para proceder a aliviar los efectos tóxicos de los metales pesados.

Referencias

- BERGMANN W. 1992. Nutritional Disorders of Plants. Development, Visual and Analytical Diagnosis. Fourth edition. Ed Werner Bergman.
- CARTER M; R. 1993. Soil Sampling and Methods of Analysis. Ed. M. Carter. Canada. EC (European Commission). JRC. EUR. 19809. EN-2001. Workshop on harmonization of sampling and analysis methods for heavy metals, organica pollutants and pathogens in soil and sludge. Eds. H. Langenkamp, L. Marmo. 74 pp.
- FELIPÓ ORIOL M.T., 2001. Los elementos potencialmente tóxicos (EPT) como criterio en la aplicación de residuos orgánicos al suelo. En: Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Boixadera J., Teira M.R., eds. Universitat de Lleida.
- LEMA M. J; RODRÍGUEZ P; GONZÁLEZ S. 2004. Aplicación de lodos de depuradora en suelos ácidos. Disponibilidad y acumulación de metales pesados. ITEA 100 V(1): 51-70.

Tabla 1. Identificación de los tratamientos ensayados con lodo (l) y gallinaza (g) y de los controles efectuados en cebada © y lechuga (L) en los suelos B (barbecho) y A (agrícola).

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Lodo 0	Lodo 1	Lodo 0	Lodo 1	Lodo 2	Lodo 2	Abono
Gallinaza 0	Gallinaza 0	Gallinaza 1	Gallinaza 1	Gallinaza 0	Gallinaza 1	4-12-8

Lodo 1, Lodo 2 y Gallinaza 1 en dosis equivalentes a 5tha⁻¹; 20 tha⁻¹; 2 tha⁻¹ p.fresco, respectivamente.

C1B	L1B	L3B	C1A	L1A	L3A
Cebada	Lechuga	Lechuga	Cebada	Lechuga	Lechuga
Tiempo 1	Tiempo 1	Tiempo 3	Tiempo 1	Tiempo 1	Tiempo 3
Suelo B	Suelo B	Suelo B	Suelo A	Suelo A	Suelo A

* Tiempo 1: 1 mes desde emergencia de cebada. T3: 3 meses desde el trasplante lechuga.
Suelo B- Barbecho: manejo esporádico extensivo. Suelo A- Agrícola: cultivo intensivo.

Tabla 2. Propiedades de los suelos B (barbecho) y del suelo A (agrícola) sometidos a diferentes tratamientos. Valores medios de tres muestras.

SUELO	PH H ₂ O	PH KCL	P (ppm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺ Cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹	K ⁺	Al ³⁺ Cambio	CiCe	m.o. (%)
BT1	5.3	4.5	24	5.6	0.64	0.40	0.6	7.42	4.2
BT7	5.0	4.0	35	4.1	0.32	0.30	1.4	6.28	4.1
AT1	5.4	4.8	61	9.1	0.88	0.43	0.3	10.9	5.9
AT7	5.6	4.7	91	7.5	0.74	0.54	0.4	9.4	5.1

Tabla 3. Valores medios de los metales pesados totales ^(t) y extraíbles ^(e) en los suelos B y A.

SUELO	Cu ^(t)	Zn ^(t)	Ni ^(t)	Cr ^(t)	Pb ^(t)	Cu ^(e)	Zn ^(e)	Ni ^(e)	Fe ^(e)	Mn ^(e)
BT1	37	85	22	20	36	4.7	2.1	0.20	54	10.5
BT7	52	89	23	21	39	9.4	2.3	0.25	85	10.5
AT1	236	85	28	34	40	67	4.4	0.40	80	12.0
AT7	288	82	28	33	38	83	3.8	0.45	54	7.5

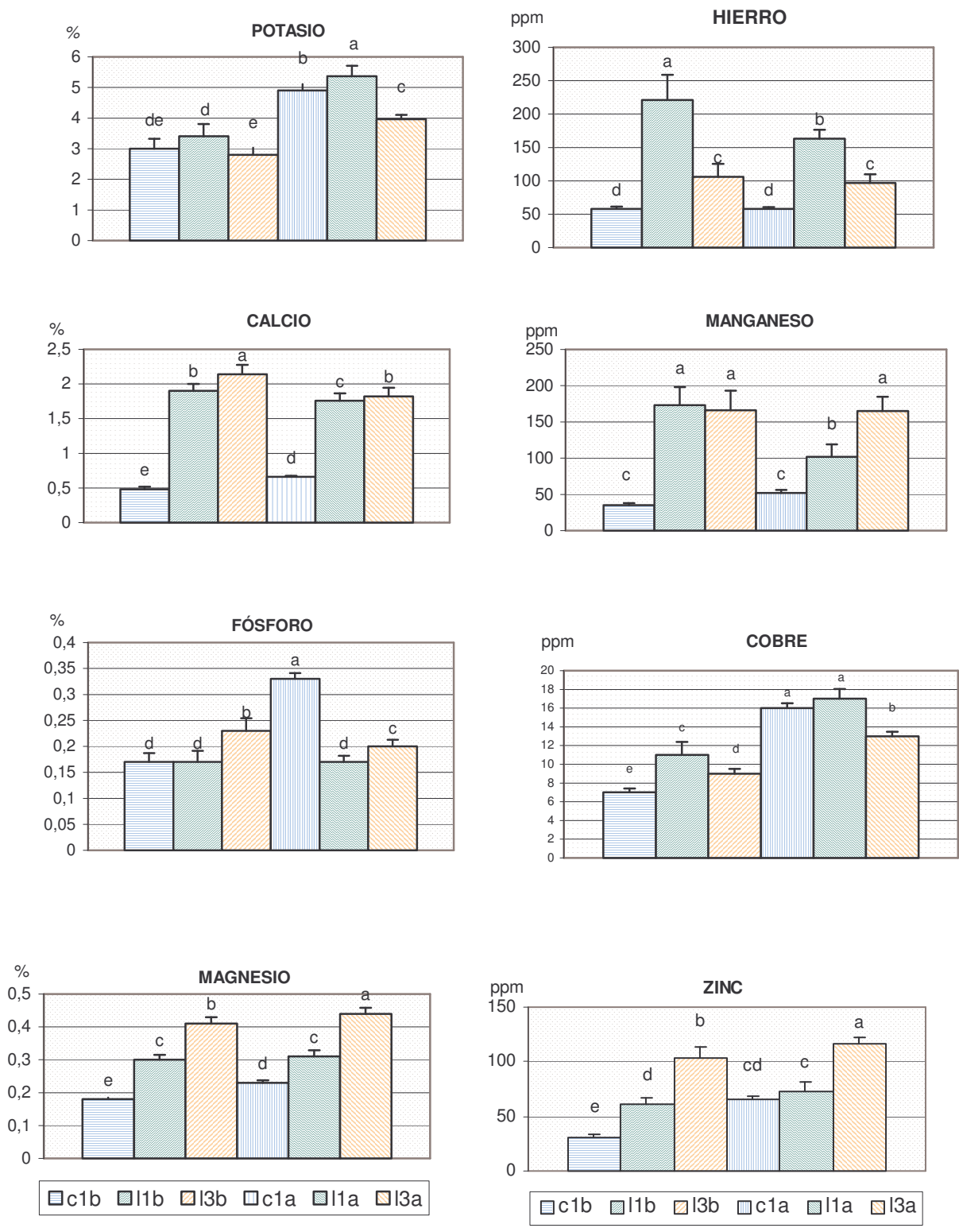


Figura 1. Macronutrientes en cebada © y lechuga (l) un mes después de la emergencia o trasplante (t0) y 3 m.d.t. (t3) en un suelo en barbecho (b) y agrícola (a), sometidos a siete tratamientos (T1 a T7); siendo 1.-0Lodo0Gallinaza; 2.-1L0G; 3.-0L1G; 4.-1L1G; 5.-2L0G; 6.-2L1G; 7: 4-12-8. 1L:5tha⁻¹; 2L:20 tha⁻¹. En barras se recogen los valores medios de cada hipótesis.