

ÍNDICES DE GERMINACIÓN Y ELONGACIÓN RADICAL DE ESPECIES VEGETALES HORTÍCOLAS Y ORNAMENTALES PARA EL BIOMONITOREO DE LA CALIDAD DE SUELOS Y SUSTRATOS

Área Temática: Calidad Ambiental

de los Ríos, Alejandra M*.; Clozza, Mario N.; Fanger, Teresita A;
Garrido, Graciela R.; Leiva, Daniel R.; Amato, Alfredo V.; Ferrón, Teodoro.

Cátedra de Química General. Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.
Universidad Nacional de La Matanza. F. Varela 1903. San Justo. Provincia de Buenos Aires.
Argentina. alorios02@yahoo.com.ar

RESUMEN

Entre los métodos utilizados en el monitoreo de la calidad de sustratos se hallan el de evaluación de fitotoxicidad, el de germinación de semillas y la prueba de la elongación radical, recomendados para el biomonitoreo ambiental. Con el objetivo de caracterizar sustratos orgánicos y suelos contaminados se realizó un experimento que permitió analizar las variables físico-químicas y su influencia en la germinación de semillas y la elongación de radículas de especies hortícolas y ornamentales. En este estudio se trabajó con compost elaborados con residuos de cama de caballo (CC) y cama de gallina (CG), y con suelo contaminado con plomo (SC). Se prepararon extractos acuosos puros y diluidos y en ellos se midió el pH y la conductividad eléctrica. Se pusieron a germinar semillas de dos especies hortícolas: rabanito (*Raphanus sativus*) y rúcula (*Eruca sativa*) y una ornamental: caléndula (*Calendula officinalis*) sobre los extractos preparados, calculando el índice de germinación global (%IG) y la elongación radical porcentual (%LR). Se obtuvieron valores de pH cercanos a la neutralidad tanto para extractos puros como diluidos. La conductividad eléctrica presentó valores muy bajos para SC, intermedios en CC y altos para CG, lo cual indica la elevada salinidad de este último. Considerando un IG igual o mayor a 70 como de una aptitud germinativa aceptable, el IG en CC fue mayor a ese valor en las concentraciones y especies utilizadas, excepto cuando se utilizó puro en caléndula. En los extractos puros de CG y SC ninguna de las especies presentó valores aceptables, solamente diluido al 50% el rabanito mostró un valor de IG mayor al límite. Los bioensayos de toxicidad con semillas permiten evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento.

Palabras Clave: germinación, biomonitoreo, bioensayos de toxicidad, elongación radical.

ABSTRACT

Phytotoxicity evaluation, seed germination and root elongation testing are methods used in monitoring quality of substrates and also recommended for environmental biomonitoring. In order to characterize organic substrates and contaminated soils an experiment with horticultural and ornamental species was performed. It allowed analyzing physical and chemical variables and their influence on seed germination and rooting elongation. Extracts, pure and diluted, of composted waste of "horse bed" (CC) and "chicken bed" (CG), and Pb contaminated soil (SC) were prepared, and their pH and electrical conductivity measured. Germination rate (% IG) and radical elongation percentage (% LR) were calculated in seeds of two horticultural species: *Raphanus sativus* and *Eruca sativa*, and one ornamental: *Calendula officinalis*, using these extracts. Pure and diluted, extracts pH values were near the neutrality. Electrical conductivity presented very low values for SC, intermediate for CC and high for CG, which indicates the high salinity of CG. Considering IG greater or equal to 70 as acceptable germination fitness, in CC was higher than this value in the concentrations and species used, except when used pure in *Calendula officinalis*. Pure extracts of CG and SC presented no acceptable values, only when diluted used in *Raphanus sativus* showed a value higher than the limit IG. Toxicity bioassays are useful for assessing seed phytotoxic effects of substrates in seed germination and seedlings development.

1. INTRODUCCIÓN

La creciente agriculturización de las zonas periurbanas ha traído como consecuencia un marcado deterioro de sus suelos, puesto de manifiesto por la disminución de su calidad ante un menor contenido de materia orgánica, con desequilibrio químico y biológico, y por ende una disminución en su capacidad productiva. En este contexto es necesario el empleo de prácticas de manejo que promuevan la recuperación y mantenimiento de los suelos, y por lo tanto la sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria. Una de las técnicas disponibles consiste en el agregado de enmiendas orgánicas, entre las que se destaca el compost.

El proceso de compostaje no sólo contribuye a disminuir el volumen de desechos orgánicos sino que también permite obtener un insumo de calidad con un gran potencial de reutilización en producciones agrícolas intensivas como la horticultura. Esto es debido a que este tratamiento permite alcanzar un producto estable, sin olor, sin patógenos y con alto valor agregado, pudiéndose reconocer en el resultado final del compostaje la presencia de aminoácidos, proteínas y núcleos proteicos. El compostaje es, pues, una compleja interacción entre los restos orgánicos, los microorganismos, la aireación y la producción de calor, y constituye una forma racional de disminuir el volumen y peso de desechos orgánicos. La calidad de los compost está afectada por las características de los residuos utilizados, por lo que uno de los pasos fundamentales previos a la utilización de una enmienda orgánica es la caracterización de sus componentes en lo relativo a sus propiedades químicas, físicas y biológicas. La importancia de conocer el pH de un compost radica en que modifica el grado de solubilidad y disponibilidad de nutrientes para las plantas, mientras que la conductividad eléctrica constituye una forma indirecta de la determinación de la concentración de sales solubles que se encuentran en el compost [1].

Ciertas especies químicas en bajas dosis pueden estimular el crecimiento vegetal e inhibirlo en altas concentraciones [2]. El fenómeno es conocido como hormesis y es un tipo específico de relación dosis-respuesta cuya aparición ha sido documentada en una amplia gama de modelos biológicos y diversos tipos de exposición. Los efectos que se producen en varios puntos a lo largo de una curva pueden ser interpretados como beneficiosos o perjudiciales, dependiendo del contexto biológico o ecológico en el que ocurren [3]. En el caso de los metales pesados su concentración en los tejidos vegetales está relacionada con su abundancia en los suelos, además del tipo de metal y de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, pues éstas regulan su biodisponibilidad. Algunos metales pesados son esenciales en pequeñas cantidades para los organismos, como el Hierro, Manganeso, Cinc, Cobre y Molibdeno, ya que son componentes estructurales o catalizadores de procesos bioquímicos, mientras que otros, como el Plomo, no desempeñan ninguna función biológica y resultan altamente tóxicos.

Durante la germinación y los primeros días de desarrollo de la plántula ocurren numerosos procesos fisiológicos que son comunes a la mayoría de las semillas y que pueden verse alterados por la presencia de alguna sustancia tóxica. Esta es por lo tanto una etapa de gran sensibilidad a los factores externos adversos, ya que el éxito o aptitud de una plántula para establecerse en un ambiente determinado es relevante para garantizar la supervivencia de la especie y lograr buenos rendimientos. El desarrollo de la radícula y el hipocótilo constituyen indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en la capacidad de establecimiento y desarrollo de la planta, aportando información complementaria a la proporcionada al estudiar el efecto en la germinación [4].

Los bioensayos de toxicidad con semillas permiten evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o mezclas complejas en el proceso de germinación y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento [5]. A diferencia de la prueba tradicional de germinación de semillas estos bioensayos permiten ponderar el efecto tóxico de compuestos solubles presentes en niveles de concentración tan bajos que no son suficientes para inhibir la germinación, pero que sin embargo pueden retardar o inhibir completamente los procesos de elongación de la radícula o del hipocótilo, dependiendo ello del modo y sitio de acción del compuesto [6]. A través del índice de germinación global se conjugan las respuestas que involucran tanto el porcentaje de germinación como la longitud de la radícula para una determinada especie vegetal, comparando la situación ideal de presencia de agua pura y cuando existen solutos disueltos en el medio.

El objetivo de este estudio fue determinar las características físico-químicas de dos compost y un suelo contaminado con plomo, y su incidencia en la germinación y elongación de la radícula de especies vegetales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con muestras de compost obtenidos en la Huerta Orgánica Experimental de la Facultad de Agronomía UBA (34° 35' LS 58° 29' LO), elaborados con residuos de cama de caballo (CC) y cama de gallina (CG), y con un suelo de la zona periurbana contaminado con plomo (200 ppm Pb) (SC). Se prepararon extractos acuosos sumergiendo el sólido (compost o suelo) en agua desionizada, en una relación 1:2 (P/P) mezclando 10g de compost y 20mL de agua, dejándose macerar durante 2 horas y luego, utilizando un filtro de tela, recolectándose el líquido

correspondiente a cada extracto descartándose los residuos sólidos. Los extractos acuosos así preparados se emplearon en forma pura (100%) y diluidos (50%), caracterizándolos a través del pH y la conductividad eléctrica (CE, mS.cm⁻¹).

Para el bioensayo se utilizaron semillas de dos especies hortícolas, rabanito (*Raphanus sativus*) y rúcula (*Eruca sativa*), y una ornamental, caléndula (*Calendula officinalis*), ya que son las más representativas de las huertas periurbanas, con ciclos de producción relativamente cortos y distintos objetivos de producción las hortícolas (raíz, hoja), mientras que la ornamental constituye una planta trampa para plagas en la huerta, además de haberse demostrado que puede actuar como indicadora de contaminación del suelo con Plomo [7] y es considerada una planta con potencial de fitorremediación [8]. El experimento tuvo un diseño completamente aleatorizado, con cinco repeticiones por tratamiento. Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza, y en aquellos casos en los que se marcaron diferencias significativas entre tratamientos, las diferencias de las medias se analizaron mediante el test de Tukey.

Los tratamientos consistieron en exponer a las semillas a distintas diluciones de los extractos obtenidos de los compost y el suelo contaminado con plomo y un testigo con agua desionizada. Para cada especie se colocaron 20 semillas en una caja de Petri con papel de filtro embebido en cada dilución (7mL), rotulándola y ubicándola en cámara climática a 20±1°C y 70% de humedad relativa, procediéndose a medir el largo de las radículas de las semillas germinadas a los 7 días de iniciado el experimento. Para ello se colocaron las plántulas sobre un papel milimetrado y se midió desde la región engrosada de transición entre la radícula y el hipocótilo (cuello de la planta) hasta el ápice radicular.

Se calculó el índice de germinación global (IG) para cada especie y tratamiento mediante la siguiente fórmula (1):

$$IG(\%) = G / G_0 \times L / L_0 \times 100 \quad (1)$$

donde, G es el número de semillas germinadas y L la longitud de la radícula en la situación experimental, mientras que G₀ y L₀ son sus respectivos cuando son provistas de agua desionizada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características de los extractos difirieron según su origen y dilución. Los valores de pH obtenidos tanto para los extractos puros o diluidos como para el suelo contaminado con plomo estuvieron cercanos a la neutralidad, valor en el que la mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles para los vegetales (Tabla 1).

Con respecto a la conductividad eléctrica, el SC presentó valores muy bajos, intermedio el compost CC y decididamente altos en el caso de compost CG. La elevada salinidad de los compost no hace posible su utilización en forma pura, aunque sí diluido, ya que los extractos al 50% presentan un valor aceptable para su uso en producciones florihortícolas (Tabla 1). La elevada salinidad en los estiércoles y cama de aves también ha sido citada por Moreno Casco y Moral Herrero (2008).

Tabla 1: Valores de pH y conductividad eléctrica medidos en extractos de compost y suelo al 100% y 50%. Letras distintas dentro de cada parámetro medido indican diferencias significativas (*P*<0,05)

	pH		CE (mS/cm)	
	100%	50%	100%	50%
Extractos				
Compost CC	6,46 a	6,62 a	2,38 c	1,74 d
Compost CG	6,85 a	7,00 a	> 10 a	4,25 b
Suelo SC	7,06 a	6,98 a	0,67 e	0,44 e

El Compost Council establece como límite para determinar la aptitud germinativa un IG igual o mayor a 70. Los valores hallados para el compost CC están por encima de ese límite en ambas concentraciones en los casos de rabanito y rúcula, mientras que en caléndula es apto su uso solamente en la forma diluida. Para los tratamientos de compost CG, tanto concentrados como diluidos, las especies rúcula y caléndula no presentaron valores considerados aceptables, y solo lo es para rabanito cuando diluido. El tratamiento SC presentó el mismo modelo que el de compost

CG, donde la única situación de IG mayor a 70 ocurre en rabanito cuando el extracto es diluido (tabla 2).

La especie más resistente fue rabanito, con un valor del IG mayor al límite en los tres tratamientos con extractos diluidos y en aquel con compost CC concentrado. La rúcula superó un IG de 70 solamente con compost CC, indistintamente de su dilución, mientras que la caléndula lo hizo con compost CC en su forma diluida (tabla 2).

Tabla 2: Índices de germinación global calculados. Letras distintas dentro de cada columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Extractos	Concentración	IG		
		Rabanito	Rúcula	Caléndula
Compost CC	100%	119 b	146 b	58 b
	50%	162 a	172 a	79 a
Compost CG	100%	52 e	43 d	10 d
	50%	91 bc	56 c	38 c
Suelo SC	100%	65 d	37 d	0 e
	50%	77 cd	42 d	0 e

Analizando en forma conjunta los resultados se puede inferir que extractos con alta CE (compost de CG) inciden negativamente en el IG tanto en el número de semillas germinadas como en la longitud de las radículas. Sin embargo, el bajo valor de IG en las situaciones de SC no se puede atribuir a la CE, dado que ésta fue significativamente más baja que en los otros tratamientos. Cabría aquí la posibilidad de estar frente a una situación de toxicidad por el elemento. En el caso de semillas de rabanito germinando en SC el valor del IG fue mayor a 70, posiblemente debido a un efecto de hormesis.

4. CONCLUSIONES

Siendo la práctica de compostaje de residuos de cosecha y crianza de animales de granja una actividad relativamente habitual en las huertas periurbanas, haciendo uso del producto en las etapas iniciales de los ciclos hortícolas (siembra y trasplante), y aun considerando los beneficios mencionados en cuanto a la fertilidad física y química de los suelos, es necesario caracterizar los compost a fin de asegurarse la implantación de los cultivos. Los resultados obtenidos refuerzan la idea acerca de la complementariedad necesaria en la medición de propiedades físico-químicas (pH, CE) y biológicas (número de semillas germinadas, longitud de radícula) al momento de caracterizar las enmiendas y sustratos, dada la dificultad y posible error interpretativo al analizar estos parámetros en forma independiente. A su vez, distintas especies vegetales pueden presentar mayor o menor susceptibilidad ante factores abióticos en su etapa de germinación y establecimiento como plántulas en el cultivo. La investigación desarrollada en este trabajo es fácilmente asequible por la población en general, dada la simplicidad en su cálculo así como en la posibilidad de contar con un mínimo instrumental que le permite repetir el experimento, insumiendo un corto tiempo en la obtención de la información necesaria para lograr el éxito en estadios tempranos de los cultivos hortícolas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Moreno Casco, J; Moral Herrero, R. 2008. Compostaje. Editorial Mundi Prensa. Madrid. 571pp.
- [2] Calabrese, E.J. 2009. Getting the dose-response wrong: why hormesis became marginalized and the threshold model accepted. *Arch Toxicol* 83:227-247.
- [3] Cook, R.; Calabrese, E.J. 2007. La importancia de la hormesis para la salud pública. <http://www.scientificcircle.com/es/98577/hormesis-la-importancia-personal-de-salud-p%C3%BAblica/>
- [4] Sobrero, M.C.; Ronco, A. 2004. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). pp:71-79. En: Ensayos Toxicológicos y Métodos de Evaluación de Calidad de Aguas. G. Castillo Ed., Ottawa, Canadá.

- [5] Gariglio, N.F.; M.A. Buyatte; R.A. Pilatti; D.E. Gonzalez Rossia; M.R. Acosta. 2002. Use of a germination bioassay to test compost maturity of willow (*Salix sp.*) Sawdust. New Zealand. Crop and Horticultural Sci., 30 (2):135-139.
- [6] Barros, M. J.; Premuzic Z.; Rendina A.; Portillo, C.J.; Villalba Y.; Iorio, A. F. de. 2011. Efecto de la hormesis por soluciones de Pb (II) sobre la germinación de especies ornamentales, oleaginosas y hortícolas. VI Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental (SIFyQA). Cancún. México.
- [7] Barros M.J., Premuzic Z., de los Ríos A.M., Bonomo A.I., Rendina A.E., Iorio A. F. de. 2008. Un trabajo práctico bajo criterio ABP: Caléndula como indicadora de contaminación con Pb en el medio de cultivo. VIII Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Química. XIV Reunión de educadores en la Química. 20 – 23 de mayo. Olavarría. Buenos Aires. Argentina.
- [8] Premuzic, Z., Barros, M.J., de los Ríos, A., Rendina, A. y Iorio, A.F. de. 2011. Fitoestabilización y remediación de zonas urbanas contaminadas con Plomo y Níquel. VI Congreso Latinoamericano de Biología, Física y Química Ambiental. Universidad Católica de Santa María. Arequipa. Perú. 11 – 15 Octubre 2011.