

Evaluación de altas diluciones en respiración microbiana del suelo

Sérgio Domingues¹

Pedro Boff²

Mari Inês Carissimi Boff¹

1 Universidad Estatal de Santa Catarina-UDESC, SC. Avenida Luiz de Camões núm. 2090, Cuenta de Dinero, Lages-SC. Brasil CP. 88520-000. (mari.boff@udesc.br).

2 Companhia de Investigación Agrícola y Extensión Rural de Santa Catarina-Epagri. Calle João José Godinho, sn-Morro do Posto, Lages-SC. Brasil. CP. 88502-970. (boff.pedro@yahoo.com.br).

Autor para correspondencia: sergiodomingues27@gmail.com.

Resumen

La salud y la fertilidad del suelo determinan su potencial para apoyar la capacidad productiva de los cultivos. La materia orgánica es considerada un indicador de bioestructura y mantenimiento de la vida en el suelo. Su papel se refleja en la actividad microbiana que se puede medir evaluando en CO₂ liberados en función de las actividades metabólicas de oxidación. La respiración microbiana, más sensible que los indicadores fisicoquímicos, aporta información sobre otras perturbaciones. Por tanto, la microbiota del suelo tiene un alto potencial para responder a intervenciones sutiles con la aplicación de altas diluciones dinamizadas (homeopatías). Las diluciones altamente dinamizadas han impactado significativamente a los seres vivos y al cultivo de plantas. Este estudio evaluó las variaciones en la respiración microbiana tras la aplicación de estas diluciones en Fraiburgo, SC, Brasil, en 2020. En experimentos de laboratorio se utilizaron cuatro tratamientos: agua destilada (i), alcohol al 30% (ii), *Calcareo carbonica* 30CH (iii) y *Silicea terra* 30CH (iv), en 10 repeticiones formadas por dos muestras de suelo independientes. Los tratamientos se aplicaron mediante aspersores manuales en una proporción de 1:99 de agua en tres épocas diferentes en el suelo. Los resultados mostraron un aumento significativo en las tasas de CO₂ liberado por el suelo debido a la aplicación de altas diluciones por la prueba Anova, $p < 0.05$, especialmente en las primeras 48 horas. El estudio mostró que las diluciones dinamizadas alteran la dinámica respiratoria de los microorganismos del suelo.

Palabras clave:

diluciones dinamizadas, respiración microbiana, salud del suelo.



Introducción

La salud y calidad del suelo se pueden evaluar mediante características físicas, químicas y biológicas, utilizando indicadores que reflejan el desarrollo de las plantas a lo largo de su ciclo vegetativo-reproductivo (Cherubin *et al.*, 2015). El carbono almacenado en el suelo es de dos a tres veces mayor que el liberado a la atmósfera (Coelho, 2005).

La materia orgánica es fundamental para la bioestructura, productividad y vida en el suelo (Primavesi, 1982). La actividad microbiana, clave para la calidad del suelo, se mide evaluando el CO₂ liberado por las actividades metabólicas de oxidación de la materia orgánica (Medeiros *et al.*, 2019). Este CO₂ se libera a la atmósfera, contribuyendo alrededor del 50% del carbono en la respiración total del ecosistema (Da Silva *et al.*, 2017).

Se ha demostrado que la tasa de respiración microbiana del suelo, o respiración basal, es más sensible que los indicadores físicos y químicos para detectar perturbaciones en el suelo (Zhou *et al.*, 2020). Por ejemplo, el flujo de nutrientes puede afectar negativamente estas tasas (Kaschuk *et al.*, 2011). En cambio, la adición de materia orgánica genera cambios en la respiración microbiana debido al rápido crecimiento y mayor mineralización de los microorganismos (Primavesi, 1982).

La evolución del CO₂ de un suelo es, por lo tanto, una medida de la actividad biológica total del suelo (Anderson, 1982). Dada la sensibilidad del análisis de la respiración microbiana (respiración basal), tiene el potencial de responder a intervenciones sutiles, como la aplicación de diluciones altamente dinamizadas. La acción sobre los microorganismos fue reportada por Trebbi *et al.* (2016), en la germinación de esporas *in vitro* de *A. brassicicola*.

Las diluciones altamente dinamizadas están reguladas para la producción orgánica de alimentos en Brasil y han mostrado excelentes resultados en agricultura en varios países (Brasil, 2014; Domingues *et al.*, 2019; Campos y Pedroso, 2020). Según Bell *et al.* (2002), estas diluciones producen respuestas no lineales en organismos vivos, donde los insumos son desproporcionados respecto a los productos obtenidos.

En agricultura, esto puede traducirse en mayor productividad (Kaschuk *et al.*, 2011; Bellavite *et al.*, 2014; Domingues *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2020a). La tasa de respiración, como variable sensible a perturbaciones, puede reflejar la acción de estas diluciones sobre los microorganismos del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar las variaciones en la respiración microbiana del suelo tras la aplicación de diluciones altamente dinamizadas.

Materiales y métodos

Localización, altas diluciones y plan experimental

El estudio se realizó en Fraiburgo/SC, Brasil (27° 01' 36" latitud sur y 50° 55' 19" longitud oeste), en el Laboratorio de Biología y Suelos de la Escola de Educação Básica 25 de Maio. Se recolectó suelo no antropizado para asegurar diversidad de microorganismos, obteniendo alrededor de 65 kg de la capa superficial, a una profundidad máxima de 15 cm. Luego, se retiraron piedras y raíces, se homogeneizó el suelo y se tamizó a 10 mm.

A través de tamices de 5 mm, se logró homogeneidad granulométrica en las muestras de suelo, que se separaron en 4 tinas de 15 kg cada una. Las altas diluciones dinamizadas se obtuvieron en el Laboratorio de Homeopatía y Sanidad Vegetal de Lages/Epagri. Los tratamientos fueron: agua destilada (T1), alcohol etílico 30% (T2), *Calcarea carbonica* 30CH (T3) y *Silicea terra* 30CH (T4), utilizando la misma agua destilada para todos. La preparación siguió los métodos de la Farmacopea Homeopática Brasileña (Brasil, 2011).

Con un rociador manual Tramontina[®] de 2 L, se aplicaron 500 ml del tratamiento sobre el suelo en las tinas. De estos, 5 ml correspondieron al tratamiento, y el resto fue agua destilada, estimando así el contenido por capacidad de campo en cinco muestras. La aplicación se realizó antes de separar las parcelas, que se describe a continuación. Durante la fumigación, se volteó el suelo para asegurar homogeneidad en los tratamientos.

Después del tratamiento, se pesó 1 kg de suelo por maceta, utilizando 15 macetas por tratamiento. Cada recipiente se etiquetó del 1 al 4 para los tratamientos y del 1 al 15, donde los recipientes del 1 al 10 se usaron para pruebas de respiración y los del 11 al 15 como copias de seguridad. El diseño experimental fue en bloques al azar con 15 repeticiones, con un maceta por parcela. El orden de las macetas se definió por sorteo, y cada vaso permitió dos muestreos para determinar las tasas de respiración durante la primera fase, realizada del 09 al 04 de 2020 y del 17 al 04 de 2020.

Luego de los tratamientos, las macetas fueron pesadas para que el peso sirviera de referencia para la segunda (28-04-2020 al 06-05-2020) y tercera (16-05-2020 al 24-05-2020) aplicación del trato de los tratamientos. Se pesaron en campo 20 g de suelo húmedo en dos tubos de centrifuga por muestra de suelo según Schinner *et al.* (2012).

Cada medición de la respiración se evaluó de forma independiente, por lo tanto, se tomaron 20 mediciones de la respiración por tratamiento. Las muestras se incubaron durante 24 h y las determinaciones se iniciaron a temperatura ambiente. El experimento se trató dos veces más con las altas diluciones dinamizadas, agua destilada (T1), alcohol etílico 30% (T2), *Calcareo carbonica* 30CH (T3) y *Silicea terra* 30CH (T4) donde se conservó el mismo diseño experimental y no se volvió a remover el suelo. Esto fue para simular un ambiente agrícola, donde en una primera intervención se volteó el suelo y luego solo tratamiento.

En la segunda y tercera aplicación de las altas diluciones dinamizadas, no se realizaron cambios en los tratamientos ni en el orden de los vasos. Se tomaron nuevas muestras para determinar la respiración. Se consideró la humedad evaporada desde la primera aplicación, calculada como el peso actual menos el peso después de la primera aplicación. Se estableció un valor de 20 ml para la segunda fase, basado en el promedio de evaporación de 10 macetas, y se decidió mantener la misma dosificación en las siguientes aplicaciones.

De los 20 ml de cada tratamiento, 18 ml eran de agua destilada y 2 ml de los tratamientos (la concentración fue diferente para que no se quedara corta con respecto a los 5 ml del primer tratamiento). Se gotearon 20 ml de los tratamientos sobre la superficie de los vasos y después de 30 min se realizó una nueva recolección de material para respirar. Se estimó la espera para que el contenido aplicado penetre en el suelo.

Determinación de la respiración microbiana del suelo

La respiración microbiana del suelo por titulación siguió el principio establecido por Schinner *et al.* (2012). Las muestras de suelo se incubaron en un recipiente cerrado, donde el CO₂ producido se absorbió en hidróxido de sodio y se cuantificó por titulación con fenolftaleína (Jäggi, 1976).

Los materiales y equipos necesarios fueron: frasco de reactivo (250 ml) con tapón de rosca y anillo de vertido. Tubos de centrifuga o tubos de ensayo (polipropileno, diámetro externo 29 mm, longitud 105 mm), donde se perforaron pequeños orificios en los tubos para permitir el intercambio de gases. En lugar de tubos, también se pueden insertar bolsas de nailon de malla fina en las botellas.

Las pruebas preliminares se realizaron con bolsas de nylon, cuyos resultados fueron similares, pero el manejo de las muestras fue deficiente. Por ello, toda la metodología reportada se llevó a cabo con tubos de centrifuga. En la parte química, se utilizaron los siguientes reactivos: solución de hidróxido de sodio (0.05 M), ácido clorhídrico diluido (0.1 M) y solución de cloruro de bario (0.5 M), preparada disolviendo 10.4 g de BaCl₂ en agua destilada y ajustando el volumen a 100 ml en un matraz aforado, procedimiento realizado en el laboratorio de análisis químico de la Estación Experimental de Epagri/Lages.

Solución indicadora de fenolftaleína (Bayer, 1871) para la determinación de CO₂, se disolvieron 0.1 g de fenolftaleína en etanol (60% v/v) y se aumentó el volumen a 100 ml con etanol en un matraz aforado. Mediante un dosificador, se colocaron 20 ml de solución de hidróxido de sodio en

Se retiraron los tubos y se añadieron 2 ml de solución de cloruro de bario para precipitar el CO₂ absorbido como carbonato de bario. Poco después, se agregaron 3-4 gotas de la solución indicadora y el hidróxido de sodio restante se tituló con HCl diluido. En la titulación, se tuvo cuidado de retirar dos muestras sin suelo que contenían solo la solución acuosa de NaOH 0.05 M, para poder calibrar la titulación.

El cálculo fue realizado a través de la ecuación

$$\frac{(C-S)(2.2) 100}{SW \%dm} = \text{mgCO}_2\text{g}^{-1}\text{dm} 24 \text{ h}^{-1}$$

Donde: C= volumen promedio de HCl consumido por los controles (ml); S= volumen promedio de HCl consumido por las muestras (ml); 2.2= factor de conversión (1 ml de 0.1 M HCl corresponde a 2.2 mg de CO₂); SW= peso inicial del suelo (g)⁻¹ dm - factor de materia seca del suelo.

Los datos se analizaron con el software R Core Team (2020) utilizando Anova para medidas repetidas. Se aplicó la prueba de esfericidad de Mauchly y al violarse, se realizaron correcciones con Greenhouse-Geisser. Cuando la prueba F mostró significación estadística, se utilizó la prueba de Bonferroni para comparaciones múltiples, reduciendo el error tipo I (Girardi *et al.*, 2009).

Se realizó la prueba de Esfericidad de Mauchly para probar la propiedad de simetría compuesta, que implica la condición de que la variable aleatoria esté igualmente correlacionada y tenga varianzas iguales considerando los tres análisis. El umbral de significación estadística se fijó en el 5% ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Se aplicó la prueba de Esfericidad de Mauchly a las tres pruebas, y los resultados mostraron que se violó la condición de esfericidad, lo que invalidó la hipótesis de normalidad con variables independientes y varianzas constantes. Esto hizo inapropiado el análisis de varianza con medidas repetidas, por lo que se utilizó el método de Greenhouse-Geisser. Las comparaciones entre días y tratamientos fueron significativas ($p < 0.001$), así como el efecto de los tratamientos en las muestras ($p < 0.001$). Se realizaron divisiones para un Anova posterior cuando $p > 0.05$.

Según Schinner *et al.* (2012), los microorganismos son muy sensibles. En el primer día de evaluación de tasas de respiración, se observaron diferencias entre todos los tratamientos. El tratamiento con agua destilada mostró la tasa más baja, con 16.42 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹, mientras que el alcohol etílico al 30% presentó 40.24 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹. Los tratamientos con diluciones altamente dinamizadas registraron los valores más altos: 50.29 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹ para *Calcarea carbonica* 30CH y 55.09 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹ para *Silicea terra* 30CH (Cuadro 1). Esta reacción, conocida como agravación, es común en organismos tratados con diluciones altamente dinamizadas (Vithoukas, 2017).

Cuadro 1

Actividad microbiana del suelo, expresada en tasa de respiración (mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹). Periodo del 09-04-2020 al 17-04-2020. Fraiburgo, SC (2021).

Período (día)	Tratamientos y tasas de respiración (mg CO ₂ g ⁻¹ dm 24 h ⁻¹)															
	Agua destilada			Alcohol 30%			<i>Calcarea carbonica</i> 30CH			<i>Silicea terra</i> 30CH						
1° día	16.42	±	1.24	d	40.24	±	13.89	c	50.29	±	8.93	b	55.09	±	2.09	a
2° día	4.68	±	1.57	ab	3.12	±	1.08	bc	3.86	±	1.18	abc	4.06	±	1.57	abc
3° día	3.36	±	1.52	a	1.8	±	0.82	b	2.48	±	0.56	b	2.39	±	0.46	b
4° día	3.87	±	1.92	b	6.95	±	1.78	a	6.95	±	1.85	a	4.9	±	1.19	b

Período (día)	Tratamientos y tasas de respiración (mg CO ₂ g ⁻¹ dm 24 h ⁻¹)															
	Agua destilada				Alcohol 30%				<i>Calcareo carbonica</i> 30CH				<i>Silicea terra</i> 30CH			
5° día	1.86	±	0.93	b	2.99	±	1.33	a	3.44	±	1.11	a	2.01	±	0.78	b
6° día	4.05	±	2.65	b	8.53	±	2.72	a	8.65	±	2.58	a	5.4	±	1.91	b
7° día	4.28	±	2.56	ns	3.24	±	0.91	ns	3.44	±	1.72	ns	3.11	±	1.67	ns
8° día	3.74	±	1.66	ns	3.4	±	0.96	ns	4.88	±	2.9	ns	4.2	±	2.06	ns
9° día	3.18	±	1.73	b	3.22	±	1.19	b	5.01	±	1.81	a	4.76	±	2.19	a

Medias ± error estándar seguidas de la misma letra en vertical no difieren entre si según la prueba de Bonferroni ($p > 0.05$); CH= orden de dilución centesimal hahnemanniana.

Del segundo al sexto día hubo una disminución en las diferencias de dosis entre tratamientos, y en el séptimo y octavo día no hubo diferencias entre las diluciones altas y los controles. El noveno día nuevamente mostró diferencias significativas, donde las diluciones altas dinamizadas presentaron valores superiores a los controles agua destilada (3.18 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹) y alcohol etílico al 30% (3.22 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹, *Calcareo carbonica* 30CH presentó valores de 5.01 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹ y *Silicea terra* 4.76 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹, esto indica cambios que persistieron en el tiempo (Cuadro 1).

En el primer día de las evaluaciones de la segunda fase, hubo un aumento significativo en la frecuencia respiratoria. No hubo diferencias significativas entre las diluciones altas ensayadas, *Calcareo carbonica* 30CH y *Silicea terra* 30CH, los valores fueron de 76.94 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹ y 75.21 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹, siendo superior a los tratamientos de control, agua destilada y alcohol presentó 66 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹ y Agua destilada 34.4 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹, nuevamente el período de 24 h después de los tratamientos fue importante para que existieran diferencias (Cuadro 2).

Cuadro 2
Actividad microbiana del suelo, expresada en tasa de respiración (mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹). Período del 28-04-2020 al 06-05-2020. Fraiburgo, SC (2021).

Período (día)	Tratamientos e tasas de respiración (mg CO ₂ g ⁻¹ dm 24 h ⁻¹)															
	Agua destilada				Álcohol 30%				<i>Calcareo carbonica</i> 30CH				<i>Silicea terra</i> 30CH			
10° día	34.4	±	2.71	c	66.01	±	3.49	b	76.94	±	1.62	a	75.21	±	2.28	a
11° día	13.05	±	1.3	d	14.11	±	1.27	c	15	±	0.54	b	16.29	±	0.67	a
12° día	4.34	±	0.61	ns	3.66	±	0.33	ns	4.27	±	1.03	ns	3.79	±	1.24	ns
13° día	6.63	±	0.77	c	9.41	±	1.09	a	7.82	±	0.78	b	7.14	±	0.61	bc
14° día	8.3	±	1.12	b	7.87	±	1.09	bc	10.8	±	2.07	a	6.96	±	0.75	c
15° día	7.21	±	0.87	b	8.48	±	0.81	a	8.8	±	0.8	a	7.49	±	0.58	b
16° día	5.41	±	0.54	b	5.57	±	0.39	b	5.8	±	0.66	b	6.92	±	1.08	a
17° día	5.7	±	0.38	ns	5.77	±	0.34	ns	5.9	±	0.67	ns	6.22	±	0.92	ns
18° día	7.91	±	1.97	cd	9.98	±	3.18	bcd	10.86	±	1.41	abc	12.37	±	3.15	ab

Medias ± error estándar seguidas de la misma letra en vertical no difieren entre si según la prueba de Bonferroni ($p > 0.05$); CH= orden de dilución centesimal hahnemanniana.

La acción del alcohol aumentó la respiración basal, pero las altas diluciones dinamizadas lograron un incremento del 16.5% en 24 h en comparación con el 30% de alcohol y el tiempo de incubación necesario para una respiración basal constante dependió del contenido de carbono fácilmente degradable en el suelo.

Si los suelos se almacenaron durante unos días a temperatura ambiente antes del análisis, la respiración basal será lineal después de 10 a 15 h y en algunos casos, de 1 a 2 días (Schinner *et al.*, 2012). Esto puede explicar por qué las tasas se estabilizan después de los primeros dos días. El segundo día se observaron diferencias entre todos los tratamientos, aunque los valores fueron

inferiores a los del primer día de la segunda fase, indicando que la acción más efectiva sobre las tasas de respiración ocurre en las primeras 24 h tras los tratamientos.

Al cuarto día, el tratamiento con alcohol etílico al 30% destacó con 9.41 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹. Al séptimo día, *Silicea terra* 30CH mostró nuevamente la mayor tasa de respiración. En general, las mejores variaciones se observaron en los primeros dos o tres días (Cuadro 2). En el primer día de la tercera fase, se observó un aumento significativo en las frecuencias respiratorias, similar a las fases anteriores (Cuadros 2 y 3), destacándose las primeras observaciones por sus valores significativamente diferentes en las tres aplicaciones de altas diluciones dinamizadas.

Cuadro 3

Actividad microbiana del suelo, expresada en tasa de respiración (mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹). Periodo del 16-05-2020 al 24-05-2020. Fraiburgo, SC (2021).

Período (día)	Tratamientos e tasas de respiración (mg CO ₂ g ⁻¹ dm 24 h ⁻¹)											
	Agua destilada			Alcohol 30%			<i>Calcarea carbonica</i> 30CH			<i>Silicea terra</i> 30CH		
19° día	29.49	± 1.84	c	54.27	± 6.67	b	64.47	± 4.86	a	65.52	± 1.37	a
20° día	14.67	± 0.88	b	14.56	± 0.58	b	15.56	± 0.83	a	16.03	± 0.51	a
21° día	12.03	± 1.11	a	10.48	± 0.77	b	11.73	± 0.5	a	11.41	± 0.31	a
22° día	12.53	± 1.28	ns	13.31	± 1.92	ns	13.42	± 2.05	ns	12.55	± 1.55	ns
23° día	11.2	± 0.79	ns	11.6	± 1.26	ns	11.49	± 0.92	ns	11.29	± 0.58	ns
24° día	10.62	± 3.69	bc	12.85	± 4.26	abc	14.33	± 4.26	ab	12.49	± 2.67	abc
25° día	9.89	± 2.5	bc	11.52	± 1.13	abc	12.18	± 1.11	ab	10.45	± 3.08	abc
26° día	7.17	± 0.69	b	7.7	± 0.72	b	6.99	± 2.04	b	8.5	± 1.11	a
27° día	6.2	± 1.37	ns	7.02	± 1.96	ns	6.24	± 2	ns	7.28	± 2.58	ns

Medias ± error estándar seguidas de la misma letra en vertical no difieren entre sí según la prueba de Bonferroni ($p > 0.05$); CH= orden de dilución centesimal hahnemanniana.

En el período del 16-05-2020 al 24-05-2020, se puede destacar el primer y segundo día, en los cuales los tratamientos *Calcarea carbonica* 30CH y *Silicea terra* 30CH presentaron tasas de respiración significativamente mayores en comparación con los controles. El primer día de la tercera fase, *Calcarea carbonica* 30CH 64.47 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹, *Silicea terra* 30CH 65.52 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹, alcohol etílico 30% 54.27 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹ y agua destilada 29.49 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹. Se puede decir que el tratamiento compuesto únicamente por alcohol etílico al 30%, presentó una diferencia significativa al compararlo con agua destilada únicamente.

Es decir, que parte del efecto atribuido a las tasas de respiración se debe al alcohol presente en el tratamiento. Sin embargo, aun así, las diluciones altas presentan valores diferentes en los dos primeros días de tratamiento, el resultado en si mismo es prueba de que la dosificación para uso en agricultura debe ser inferior al 30% de alcohol. Es importante señalar que el 30% de alcohol se refiere a la preparación, la dilución aplicada fue al 1% y posteriormente al 10% (10% para no aumentar la humedad, se recomienda el 1%), en el presente estudio optamos por utilizar este porcentaje debido a la longevidad dada a la preparación (Brasil, 2014).

Al octavo día *Silicea terra* 30CH mostró un valor significativamente superior a los demás tratamientos, 8.5 mg CO₂ g⁻¹ dm 24 h⁻¹ (Cuadro 3). En este estudio, se observó un aumento repentino en la tasa de respiración el primer día después de la aplicación de altas diluciones dinamizadas en el suelo en comparación con los controles. Esto puede inferir una reactividad inmediata en respuesta a los tratamientos, similar al fenómeno de reactividad en humanos y animales, identificado como un efecto secundario. El efecto secundario se produce como respuesta a la acción de los fármacos sobre el organismo (efecto primario).

Esto ocurre en organismos sensibles a las preparaciones homeopáticas, lo que sugiere que los microorganismos del suelo fueron afectados por los preparados, mostrando efectos temporales en la respiración del suelo y evidenciando un potencial curativo y reorganizador de la flora microbiana (Boff, 2009). La idea de agravamiento en homeopatía implica alteraciones en los signos vitales tras

la ingestión del fármaco, un fenómeno que no parece ser exclusivo de mamíferos y otros animales. Los resultados del primer día de evaluación, presentados en los cuadros 1, 2 y 3, indican que estos fenómenos también pueden manifestarse en microorganismos.

La agravación es poco estudiada en trabajos que pretenden criticar los efectos derivados del uso de la homeopatía (Vithoukias, 2017). Durante la determinación de la respiración basal en el laboratorio se observó un aumento de la producción de CO₂ durante las primeras horas. Esto se debe a un aumento en la disponibilidad de nutrientes después de la mezcla, así como a un rápido ajuste del balance entre CO₂ (Schinner *et al.*, 2012). Esto ocurrió en las tres fases del experimento realizadas el 09-04-2020 al 17-04-2020, 28-04-2020 al 06-05-2020 y 16-05-2020 al 24-05-2020 respectivamente.

La relación entre la actividad microbiana y la humedad del medio es relevante y ha sido demostrada en varios estudios (Peña *et al.*, 2005). Se esperaban tasas de respiración más altas en las primeras evaluaciones. En suelos forestales con alta fracción de hojarasca, esta linealidad no se alcanza incluso tras largos períodos de incubación. En suelos cultivables menos activos biológicamente, los niveles con alta sensibilidad son adecuados para medir la respiración lineal (Schinner *et al.*, 2012). En nuestro experimento, el origen del suelo mostró que no hubo linealidad a lo largo de los días.

Conclusiones

Los tratamientos *Silicea terra* 30CH y *Calcarea carbonica* 30CH mostraron un comportamiento distinto frente a los controles de agua destilada y alcohol etílico al 30%. Fue crucial repetir los experimentos para evaluar el efecto de las altas diluciones, especialmente en las primeras 24 h, donde los resultados fueron más expresivos y estadísticamente diferentes de los controles, siendo el agua destilada la que generó la menor tasa de respiración. Aunque el alcohol pudo influir en algunos resultados, los picos de respiración sugieren un efecto significativo de las diluciones. A lo largo de las tres fases, se observaron diferencias en las tasas de CO₂ durante los nueve días, con un efecto notablemente menor después de este periodo, por lo que se recomienda limitar la incubación a dos o tres días en futuros experimentos.

Agradecimientos

FAPESC a través del proyecto Rede Guarani Serra Geral / TO 2015TR1067, CNPq (trámite n. 304018/2015; 307376 / 2017-6) y al Programa de Posgrado UNIEDU para la beca de primer autor.

Bibliografía

- 1 Anderson, J. P. 1982. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, methods of soil analyses. 831-871 pp.
- 2 Bayer, A. V. 1871. On a new class of dyes. Reports of the German Chemical Society. 4(4):555-558.
- 3 Bell, I. R.; Baldwin, C. M. and Schwartz, G. E. 2002. Translating a nonlinear systems theory model for homeopathy into empirical tests. Alternative Therapies in Health and Medicine. 8(3):58-66.
- 4 Bellavite, P.; Marzotto, M.; Oliosio, D.; Moratti, E. and Conforti, A. 2014. A high-dilution effects revisited. 2. Pharmacodynamic mechanisms. Homeopathy. 103(1):22-43.
- 5 Boff, P. 2009. Saúde vegetal e a contribuição da homeopatia na transição ecológica da agricultura. Cadernos de Agroecologia. 1(4):1-3.
- 6 Brasil. 2011. Farmacopéia homeopática brasileira. Comissão Permanente de Revisão. 3^{ra} Ed. Brasil. 64-359 pp.

- 7 Brasil. 2014. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. Instrução Normativa nº 17, de 18 de junho. Estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. Diário Oficial da União. 1-22 pp.
- 8 Campos, I. M. and Pedroso, T. R. 2020. Avaliação do crescimento e desenvolvimento da planta rúcula com medicamento homeopático *Sulphur* em diferentes dinamizações. Farmácia-Tubarão. 2(4):61-70.
- 9 Cherubin, M. R. 2015. Qualidade física, química e biológica de um latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. Rev. Bras. Ciênc. Solo Viçosa. 2(39):615-625.
- 10 Coelho, M. M. 2005. Estudo da respiração do solo em floresta de transição no Sudoeste da Amazônia. Dissertação, Mestrado em Física e Meio Ambiente, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 10-44 pp.
- 11 Da-Silva, L. B.; Novais, J. W. Z.; Sanches, L.; Machado, N. G.; Aquino, A. M. Silva-Sallo, F. 2017. Serrapilheira e efluxo de CO₂ do solo em floresta sazonalmente alagável no pantanal brasileiro. Ensaios e Ciência. 21(3):178-182.
- 12 Domingues, S.; Werner, S. S.; Boff, M. I. C. and Boff, P. 2019. Regrowth of yerba mate plants (*Ilex paraguariensis* A. St.-hill.) submitted to dynamized high-dilution preparations. Journal of Experimental Agriculture International. 36(6) 1-11 pp.
- 13 Girardi, L. H.; Cargnelutti, F. A.; Storck, L. 2009. Erro tipo 1 e poder de cinco testes de comparação múltipla de médias. Revista Brasileira de Biometria. 1(27):23-36.
- 14 Jäggi, W. W. 1976. Die bestimmung der CO₂-bildung ais MaG der bodenbiologischen Aktivität. Schw Landw Forsch. 15(314):371-380.
- 15 Kaschuk, G.; Alberton, O. and Hungria, M. 2011. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. Plant and Soil. 338(1-2):467-481.
- 16 Medeiros, T. S.; Gomes, A. R. M. G.; Alves, M. P. B.; Marcelino, A. S.; Santos, D. M.; Giongo, A. M. M. and Costa, A. R. 2019. Production of radish (*Raphanus sativus* L.) cultivated under bovine manure levels and soil basal respiration. Brazilian Applied Science Review. Curitiba. 2(3):1348-1357.
- 17 Oliveira, L. P.; Oliveira, M. S.; Machado, J. P.; Oliveira, M. S.; Assis, R. A. y Rocha, T. C. 2020. Uso dos preparados homeopáticos *Carbo vegetabilis* e *Sulphur* no crescimento e desenvolvimento do Alface (*Lactuca sativa*). Cadernos de Agroecologia. 2(15):1-6.
- 18 Peña, M. L. P.; Marques, R.; Jahnel, M. C. and Anjos, A. 2005. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. Floresta. 1(35):1-11.
- 19 Primavesi, A. 1982. O manejo ecológico do solo. São Paulo: Nobel. 542 p.
- 20 Schinner, F.; Öhlinger, R.; Kandeler, E. and Margesin, R. 2012. Methods in soil biology. Ed. Springer Science & Business Media. 50-287 pp.
- 21 Trebbi, G. 2016. Ultra-high diluted arsenic reduces spore germination of *Alternaria brassicicola* and dark leaf spot in cauliflower. Hort. Bras. Vitoria da Conquista. 34(3):318-325.
- 22 Vithoukias, G. 2017. Erros graves da metanálise na pesquisa homeopática. Journal of Medicine and Life. 10(1):1-12.
- 23 Zhou, F. 2020. Plant communities are more sensitive than soil microbial communities to multiple environmental changes in the Eurasian steppe. Global Ecology and Conservation. 21(e00779):1-5.

Evaluación de altas diluciones en respiración microbiana del suelo

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 January 2025
Date accepted: 01 April 2025
Publication date: 23 April 2025
Publication date: Apr-May 2025
Volume: 16
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e3641
DOI: 10.29312/remexca.v16i3.3641

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

diluciones dinamizadas
respiración microbiana
salud del suelo.

Counts

Figures: 0

Tables: 3

Equations: 1

References: 23

Pages: 0