

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLOS SUPLEMENTADOS COM LODOS DE ESGOTO CONTENDO ALTOS E BAIXOS TEORES DE METAIS PESADOS

MICROBIAL ACTIVITY IN SOILS SUPPLEMENTED WITH HIGH AND LOW- HEAVY METALS SEWAGE SLUDGES

VIEIRA, R.F.¹; TEIXEIRA, M.A.²; DIAS, A.N.L.²

¹ Embrapa meio Ambiente, Caixa Postal 69, 13820-000, Jaguariúna, SP

² Universidade do Vale do Sapucaí, CP 213, CEP 37550-000, Pouso Alegre, MG.
e-mail:rosana@cnpma.embrapa.br

Resumo

A atividade e a biomassa microbiana foram avaliadas em solo suplementado com diferentes doses e tipos de lodo de esgoto. Solo com fertilização mineral foi usado como controle. O solo suplementado com o lodo de Barueri apresentou maiores conteúdos de metais que o solo que recebeu o lodo de Franca. A biomassa microbiana foi maior no solo tratado com o lodo de Franca. Maiores valores de qCO_2 e menores valores da razão $Cmic/Corg$ foram encontrados no solo suplementado com o lodo de Barueri. Tais parâmetros correlacionaram-se, respectivamente, de forma positiva e negativa com os teores de metais no solo sugerindo um efeito estressante destes elementos na microbiota do solo.

Abstract

Microbial biomass and activity were investigated in soils amendment with two types and rates of sewage sludge. Soil that had received mineral fertilization was used as the control. The soil amended with Barueri's sludge presented a high metal content unlike that with Franca's sludge. The microbial biomass C was higher in the soil amended with Franca's sludge. Lowest values of qCO_2 and highest values of $Cmic/Corg$ ratio were found in soils amendment with Barueri's sludge. These parameters correlated, respectively, as a negative and positive way with the soil metal contents suggesting a stressful effect of these elements on the soil microbiota.

Introdução

O manejo agrícola dos solos pode ter um grande impacto sobre as comunidades microbianas e, conseqüentemente, sobre os processos funcionais do solo. A suplementação dos solos com lodo de esgoto pode melhorar as suas propriedades químicas e físicas, além de fornecer nutrientes benéficos para as plantas e microrganismos (Melfi & Montes, 2001, Vieira, 2001). Por outro lado, a adição de lodo de esgoto ao solo pode contribuir para a poluição destes ambientes com metais pesados. Aplicações contínuas e sistemáticas de lodos ricos em metais podem, em longo prazo, causar acúmulo daqueles elementos no solo, com dano para a microbiota e, por conseguinte, para a produção das culturas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de dois tipos de lodo, em diferentes doses, sobre a atividade dos microrganismos do solo.

Material e Métodos

O sítio experimental está localizado no campo experimental da Embrapa Meio Ambiente em Jaguariúna, SP. Em abril de 1999 o solo recebeu a primeira aplicação de lodo. Dois tipos de lodo foram utilizados: um foi proveniente da Estação de Tratamento de Lodo de Barueri (LB) e o outro foi proveniente da Estação de Tratamento de Lodo de Franca (LF). Foram feitas ao todo seis aplicações de lodo na área sendo a última em outubro de 2005. Os solos para este trabalho foram coletados em outubro de 2006. A estação de Barueri recebe resíduos industriais, ao contrário do de Franca e, por isto, os solos apresentaram teores diferentes de metais (Tabela 1).

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, em três repetições, e consistiram de 4 doses de lodo e o controle com fertilização mineral. A dose 1 foi calculada considerando o N recomendado para a cultura do milho e as doses 2, 4 e 8 foram duas, quatro e oito vezes a dose 1. Os lodos foram distribuídos na superfície do solo e incorporados à profundidade de 20 cm. Quatro sub-amostras foram retiradas ao acaso de cada

parcela e misturadas para constituírem uma amostra composta. Os seguintes parâmetros foram quantificados: C da biomassa microbiana (Cmic), N da biomassa microbiana e respiração básica (RB). O coeficiente metabólico (qCO_2) foi calculado a partir dos dados de respiração e C da biomassa microbiana e expressos em $mg\ CO_2-C\ g\ Cmic\ kg^{-1}\ de\ solo\ h^{-1}$. Foi também calculado o percentual de Cmic em relação ao C orgânico do solo (Cmic/Corg) e o percentual de Nmic em relação ao teor de N total do solo.

Resultados e Discussão

O Cmic variou de 227,04 a 367,8 $mg\ kg^{-1}$ de solo (Figura 1). Não houveram diferenças significativas entre as doses de lodo. O valor médio obtido para o solo suplementado com o lodo de Franca, porém, foi 33% e 45% maior, respectivamente, do que os resultados médios obtidos nos tratamentos com o lodo de Barueri e no tratamento com fertilização química. O Nmic variou de 19,33 para 29,21 $mg\ kg^{-1}$ de solo, mas sem diferenças significativas entre os tratamentos (dados não apresentados). A razão Cmic/Corg (Tabela 2) diminuiu com o aumento da dose de lodo nos tratamentos LB. Nos tratamentos LF esta razão não diminuiu significativamente com as doses, embora se observasse uma tendência à obtenção de menores valores com o aumento da dose de lodo. A maior diferença entre os dois tipos de lodo foi observada na maior dose onde o Cmic/Corg do solo com o lodo de Franca foi 68% maior do que com o lodo de Barueri. Este parâmetro na dose 1 do lodo de Franca foi 45% maior que o obtido no tratamento controle.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo

Soil	pH (H ₂ O)	P mg kg ⁻¹	K mmol _c .kg ⁻¹	Corg — % —	N _{tot}	Pb	Cu mg kg ⁻¹	Cr	Ni	Zn
MF	5.8	11.5	4.9	2.84	1669	11.3	< 1.0	21.3	0.6	4.6
1LB	6.4	22.8	2.2	2.71	1669	8.3	11.1	37.5	4.5	17.6
2LB	3.8	40.3	2.3	2.90	1872	9.5	17.2	35.8	7.2	40.7
4LB	5.6	152.3	2.2	3.09	2234	9.8	30.7	40.9	12.1	80.0
8LB	5.7	183	3.6	4.24	3447	19.5	- ^a	65.2	22.2	131.3
1LF	6.0	15.3	3.6	2.71	1788	9.5	5.0	24.3	1.3	1.0
2LF	5.9	50.5	2.4	2.96	1941	7.2	7.5	27.2	2.2	5.8
4LF	5.8	65.8	2.1	3.15	2196	12.5	9.9	32.6	2.8	14.9
8LF	5.7	179.5	2.5	3.73	2623	9.3	12.0	34.1	3.3	28.3

FM, fertilização mineral; 1LB e 1LF, lodo de esgoto baseado na concentração de N que fornece a mesma quantidade de N do tratamento FM; 2LB e 2LF, dois; 4LB e 4LF, quatro; 8LB e 8LF, oito vezes a dose de lodo de esgoto recomendada. Corg, carbono orgânico, N_{tot}, N total. ^a Dado perdido.

A razão Nmic/Ntotal (Tabela 2) diminuiu na maior dose de ambos os lodos em relação aos outros tratamentos. Os coeficientes metabólicos (qCO_2) aumentaram da menor para a maior dose de ambos os lodos. Nos tratamentos LB, porém, os valores foram 32% maiores nas três doses mais altas do que os obtidos nas mesmas doses com o lodo de Franca. Os valores de qCO_2 obtidos nos tratamentos 2LB, 4LB e 8LB foram, em média, 57% maiores do que os obtidos no tratamento controle. Correlações altamente significativas foram encontradas entre os conteúdos de Cu, Cr, Ni e Zn no solo e os parâmetros respiração básica, qCO_2 , Cmic/Corg e Nmic/Ntotal (Tabela 3).

Os valores encontrados para Cmic estão dentro da variação encontrada para solos agrícolas (Singh e Singh, 1993; Adeboye et al., 2006; Singh et al., 2007). Nos tratamentos LB o Cmic não aumentou com a dose de lodo e não foi diferente daquele obtido no tratamento controle ao contrário do lodo de Franca cujos valores médios foram maiores que o obtido no tratamento FM. Isto pode estar relacionado à menor eficiência do uso de C orgânico pelos microrganismos na presença de metais pesados conforme pode ser verificado pela relação exponencial inversa entre Cmic/Corg e o conteúdo de metais no solo. Alguns trabalhos tem também mostrado que a relação entre Cmic e C orgânico do solo pode ser diferente dependendo dos teores de metais no solo (Barajas-Aceves, 2005). A respiração básica correlacionou-se de forma linear positiva com os teores de Cu, Ni e Zn no solo e de forma exponencial positiva com o teor de Cr no solo. Isto poderia sugerir um efeito benéfico dos metais sobre a atividade microbiana. Não houve, porém, correlação entre a RB e o Cmic indicando que altas taxas de respiração estavam associadas a efeitos danosos daqueles

elementos sobre as comunidades microbianas. Isto pode ser confirmado pelas correlações lineares positivas altamente significativas entre o qCO_2 e os teores de metais no solo. O aumento do coeficiente metabólico tem sido interpretado como efeito de estresse, tornando os microrganismos menos eficientes na conversão do substrato em C da biomassa microbiana. Os resultados demonstraram que os microrganismos do solo suplementado com o lodo de Barueri gastaram mais energia para sobreviver, resultando em maior quantidade de CO_2 emitido por unidade de substrato.

Tabela 2. Razão C_{mic}/C_{org} , N_{mic}/N_{total} e coeficiente metabólico (qCO_2) em função dos tratamentos.

Tratamentos	C_{mic}/C_{org}	N_{mic}/N_{total}	qCO_2
MF	0.80 ± 0.09 bcde	1.16 ± 0.14 ab	1.35 ± 0.06 d
1LB	1.00 ± 0.08 abc	1.33 ± 0.09 ab	1.57 ± 0.35 bcd
2LB	0.78 ± 0.04 cde	1.28 ± 0.19 ab	1.93 ± 0.13 abc
4LB	0.75 ± 0.04 de	0.94 ± 0.12 bc	2.02 ± 0.10 ab
8LB	0.59 ± 0.02 e	0.64 ± 0.07 c	2.41 ± 0.32 a
1LF	1.16 ± 0.15 a	1.11 ± 0.19 ab	- ^a
2LF	1.04 ± 0.09 ab	1.47 ± 0.19 a	1.25 ± 0.19 d
4LF	1.03 ± 0.08 ab	1.33 ± 0.09 ab	1.36 ± 0.07 cd
8LF	0.99 ± 0.01 abcd	0.97 ± 0.05 bc	1.70 ± 0.01 bcd

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem significativamente a $P \leq 0.05$ (teste LSD). ±, erro padrão. FM, fertilização mineral; 1LB e 1LF, dose de lodo de esgoto baseado na concentração de N que fornece a mesma quantidade de N do tratamento FM; 2LB e 2LF, dois; 4LB e 4LF, quatro; 8LB e 8LF, oito vezes a dose de lodo de esgoto recomendada. ^aDado perdido.

Tabela 3. Equações e coeficientes de correlação entre alguns parâmetros microbiológicos e os teores de metais no solo

Parâmetros	Equações ¹	r	P
Cu			
Respiração	Resp = 9,45161 + 0,0785001*Cu	0.52	0.0097
qCO_2	$qCO_2 = 1,33948 + 0,017917*Cu$	0.72	0.0001
C_{mic}/C_{org}	$C_{mic}/C_{org} = \exp(0,0419814 - 0,00910884*Cu)$	-0.72	<0.0001
N_{mic}/N_{total}	$N_{mic}/N_{total} = \exp(0,293891 - 0,0111811*Cu)$	-0.70	<0.0001
Cr			
Respiração	Resp = exp(1,89104 + 0,0129421*Cr)	0.61	0.0015
qCO_2	$qCO_2 = 0,692892 + 0,0273259*Cr$	0.72	0.0001
C_{mic}/C_{org}	$C_{mic}/C_{org} = \exp(0,29413 - 0,0118462*Cr)$	-0.62	0.0005
N_{mic}/N_{total}	$N_{mic}/N_{total} = \exp(-0,64173 - 0,0154771 *Cr)$	-0.63	0.0005
Ni			
Respiração	Resp = 9,55983 + 0,213868*Ni	0.50	0.0119
qCO_2	$qCO_2 = 1,34314 + 0,0518804*Ni$	0.75	<0.0001
C_{mic}/C_{org}	$C_{mic}/C_{org} = \exp(0,0315405 - 0,0251682*Ni)$	-0.71	<0.0001
N_{mic}/N_{total}	$N_{mic}/N_{total} = \exp(0,273225 - 0,0296368*Ni)$	-0.67	0.0001
Zn			
Respiração	Resp = 9,50384 + 0,0377143*Zn	0.55	0.0055
qCO_2	$qCO_2 = 1,35242 + 0,00858287*Zn$	0.76	<0.0001
C_{mic}/C_{org}	$C_{mic}/C_{org} = \exp(0,0231646 - 0,00413039*Zn)$	-0.73	<0.0001
N_{mic}/N_{total}	$N_{mic}/N_{total} = \exp(0,266592 - 0,00495341*Zn)$	-0.70	0.0001

Conclusões

Este trabalho demonstrou que os microrganismos do solo tratado com o lodo de Barueri podem estar sob efeito de estresse causado pelos teores de metais no solo, mas somente nas doses maiores que a recomendada. Precauções devem ser tomadas com a utilização deste lodo por períodos prolongados de tempo, uma vez que a razão C_{mic}/C_{org} não melhorou em relação ao controle, como no lodo de Franca, mesmo na dose recomendada. Na utilização de lodos ricos em metais alguns tipos de recomendações poderiam ser testados, ou seja: aplicar quantidades menores que a recomendada associado à fertilização mineral ou mesmo alternar a aplicação com lodos com baixos teores de metais pesados.

Referências

ADEBOYE, M.K.A., IWUAFOR, E.N.O., AGBENIN, J.O. The effects of crop rotation and nitrogen fertilization on soil chemical and microbial properties in a Guinea Savanna Alfisol of Nigeria. **Plant and Soil**, v. 281, p. 97-107, 2006.

BARAJAS-ACEVES, M. Comparison of different microbial biomass and activity measurement methods in metal-contaminated soils. **Bioresource Technology**, v.96, p. 1405-1414, 2005.

MELFI, A.J.; MONTES, C.R. Impactos dos biossólidos sobre o solo. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; DE MELO, W.J.; MARQUES, M.O. (Eds.) **Biossólidos na agricultura**. Sabesp, São Paulo, pp. 243-271, 2001.

SINGH, H., SINGH, K.P. Effect of residue placement and chemical fertilizer on soil microbial biomass under tropical dryland cultivation. **Biology and Fertility of Soils**, v.16, p. 275-281, 1993.

SINGH, S., GHOSHAL, N., SINGH, K.P. Variations in soil microbial biomass and crop roots due to differing resource quality inputs in a tropical dryland agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v.39, p. 76-86, 2007.

VIEIRA, R.F. Sewage sludge effects on soybean growth and nitrogen fixation. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, p. 196-200, 2001.

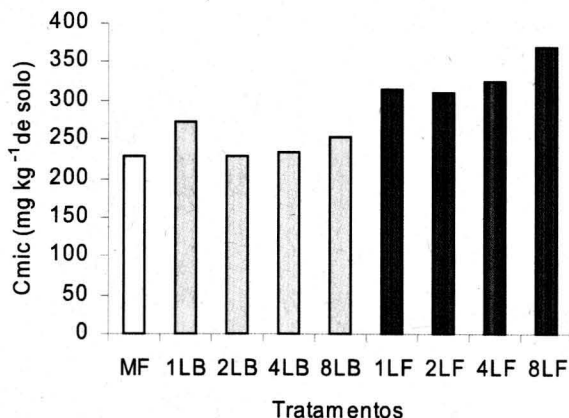


Figura 1. Biomassa microbiana nos solos submetidos aos vários tratamentos. Erro padrão = 24,96. FM, fertilização mineral; 1LB e 1LF, dose de lodo de esgoto baseado na concentração de N que fornece a mesma quantidade de N do tratamento FM; 2LB e 2LF, dois; 4LB e 4LF, quatro; 8LB e 8LF, oito vezes a dose de lodo de esgoto recomendada.