

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLOS DE CACAUAL SOB A INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO E ADUBAÇÃO

O. M. Santos *

ABSTRACT

Microbiological Activity in Cocoa Soils Influenced by Shade and Fertilizers

This study evaluated the activity of soil microorganisms in the decomposition of the organic matter of cocoa soils. The treatments in the areas studied were: shade with application of fertilizer, shade without application of fertilizer, full sunlight with application of fertilizer, and full sunlight without application of fertilizer.

The work was carried out in the experimental area of the Cacao Research Center, located at Ilhéus-Bahia-Brazil. (14°47' S, 39°16' W and 38 m above sea level).

Microbial activity was measured by CO₂ evolution and cellulose decomposition in situ.

The unfertilized shaded plot showed the highest microbial activity, for soil respiration and cellulose decomposition in the upper 5 cm layer of soil. Followed by the plot under full sunlight with fertilizer. In all areas studied soil respiration was higher during the night than during the day.

Cellulose decomposition was greater in the upper 5 cm layer of the soil regardless of the treatment. There was a decrease in cellulose decomposition with soil depth. This effect was correlated with a decline of nitrogen content in the subsoil.

Recebido para publicação em 3 de janeiro de 1979.

* Divisão de Botânica, Centro de Pesquisas do Cacau, Caixa Postal 7, 45.600, Itabuna, Bahia, Brasil.

INTRODUÇÃO

Tem sido repetidamente mostrado que a taxa de movimento ou ciclagem de elementos químicos é de importância fundamental na determinação da produtividade biológica.

A reciclagem de nutrientes, processo que depende essencialmente da decomposição da matéria orgânica, é o principal responsável pela estabilidade de qualquer ecossistema, conduzindo-o a uma contínua evolução na diversidade de seus componentes e na sua organização estrutural.

Segundo Witkamp (16), existe uma relação linear e positiva entre o CO_2 emanado do solo e a imobilização de minerais. Ainda de acordo com o mesmo autor, a taxa de CO_2 da respiração edáfica é indicadora da dinâmica da ciclagem dos nutrientes no ecossistema.

Segundo Gnittke et al (4), o mais abundante constituinte da planta é a celulose, que compreende 15 a 60% do seu peso seco. Estes autores afirmam que o conteúdo de hemicelulose varia de 10 a 30% e o de lignina de 5 a 30%. Por esses fatos, podemos dizer que a taxa de decomposição da celulose evidencia uma maior ou menor reciclagem de nutrientes em um ecossistema natural ou agrossistema.

No cultivo do cacau, há interesse em se conhecer os efeitos do sombreamento e da adubação sobre a produtividade bem como sobre a estrutura e funcionamento do agrossistema. Grisi

(5) estudou a influência da sombra sobre a atividade dos microrganismos na área experimental do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) e encontrou que a evolução do CO_2 foi mais alta nos cacauais sombreados. Este autor, porém, não faz nenhuma observação da influência da interação sombra adubação na atividade dos microrganismos do solo.

O objetivo do presente trabalho foi detectar a influência da interação sombra x adubação sobre a atividade dos microrganismos do solo na degradação da matéria orgânica. Os dados foram correlacionados com características edáficas, macro e microclimáticas locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O ecossistema. O trabalho foi realizado na Quadra H' da área experimental do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), localizado no km 22 da Rodovia Ilhéus/Itabuna, Estado da Bahia. Este local encontra-se a uma altitude de 38 m, a $14^{\circ}47'$ de latitude Sul e $39^{\circ}16'$ de longitude Oeste.

A caracterização geológica e pedológica da área estudada é fornecida por Silva e Melo (13). O solo mantém significativa cobertura vegetal. Segundo Grisi (5), a $\text{MO} = \% \times 1,72$, no subhorizonte A_1 (0 - 10 cm) é de 5,6, caindo para 1,3% no subhorizonte $A_3 B_1$ (10 - 33 cm). No Quadro 1, são fornecidos os dados de caracterização química do solo.

Quadro 1 - Características químicas de amostras superficiais de solo (0-20cm) nas áreas ao sol e à sombra, com e sem adubação, na área do CEPEC.

	PH	MEq/100g de solo			P (p.p.m)*
		Al	Ca+Mg	K	
Sombra + adubo	5,2	0,5	0,1	0,15	16
Sombra s/ adubo	6,1	0,2	10,1	0,11	12
Sol + adubo	5,2	0,6	9,5	0,14	52
Sol s/ adubo	6,2	0,2	12,0	0,11	31

* Extraído pela mistura HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N

O clima do CEPEC, pela classificação de Koppen, enquadra-se no tipo Af, quente e úmido, sem estação seca definida.

Os cacaueiros estudados encontram-se em quatro condições ecológicamente distintas: um grupo está sombreado e sofreu aplicação de adubo, outro encontra-se sombreado porém não foi adubado, o terceiro está situado a pleno sol e foi adubado e o último também a pleno sol sem adubação. Os cacaueiros apresentam idade aproximada de 30 anos, pertencentes às variedades *Comum*, *Pará*, *Maranhão* e *Parazinho*, estão sombreados pelas seguintes espécies de árvores: *Schinus terebinthifolius* e *Spondias lutea* (Anacardiaceae); *Alchornea iricurana* (Euphorbiaceae); *Erythrina glauca* e *Lonchocarpus neuroscapha* (Leguminosae); *Artocarpus integrifolia* (Moraceae) e *Genipa americana* (Rubiaceae) (5).

Delineamento experimental. O experimento constou de quatro tratamentos: cacaueiros sombreados e adu-

bados, cacaueiros sombreados sem adubação, cacaueiros ao sol e adubados, cacaueiros ao sol sem adubação, distribuídos inteiramente ao acaso, em um arranjo com cinco repetições. Cada tratamento constou de 1/4 de hectare, onde foram efetuadas três determinações em cada período.

Método químico de medição da respiração edáfica. Foram utilizadas medições de respiração edáfica total (microorganismos mais raízes) e de microorganismos isoladamente (5, 6, 12). O método utilizado para medir a respiração edáfica baseia-se na absorção do CO₂ emanado do solo por uma solução de KOH 0,5 N e sua dosagem por titulação com HCl 0,1 N, método este desenvolvido por Walter e Haber (15). Os cilindros usados no campo foram confeccionados com tubos de PVC rígido segundo Grisi (5, 6) e Santos (12). Os recipientes coletores do CO₂ emanado do solo, foram deixados no campo, durante 12 horas para cada período (diurno e noturno). O trabalho foi realizado de 8 a 11 de

agosto de 1977 e de 14 a 17 de fevereiro de 1978.

Determinação da taxa de decomposição da celulose. Na avaliação da decomposição da celulose, foi utilizado o método de Unger, descrito por Steubing (14). Foram colocadas amostras de celulose pura (algodão), com dimensões de 4,0 cm x 4,0 cm e 1,0 g de peso seco, em sacos confeccionados com redes de nylon de abertura de malha de 1,0 mm e enterradas a diferentes profundidades no solo (0-5 cm, 5-15 cm e 15-30 cm). As amostras permaneceram enterradas durante 90 dias e, depois de retiradas do solo, foram lavadas cuidadosamente com água corrente e postas para secar em estufa a 60°C por 48 horas. Após a secagem, foram pesadas para determinação da porcentagem de perda do seu peso seco inicial.

Condições microclimáticas. Simultaneamente aos experimentos da respiração edáfica, foram feitos registros de temperatura máxima e mínima do ar. Foram instalados dois termômetros em cada área para possibilitar a determinação da temperatura a 2 cm e 10 cm de profundidade do solo, camadas mais influenciadas pelas variações térmicas.

Através de um fotômetro, foram feitas medidas de intensidade luminosa fora e dentro das áreas, colocando-se a fotocélula próxima ao solo e em posição horizontal.

RESULTADOS

O Quadro 2 mostra os resultados da respiração edáfica total e de microrganismos, isoladamente, nas quatro áreas estudadas, nos períodos diurno e noturno.

No período de 8 a 11 de agosto de 1977, a área de sombra sem adubo apresentou maior atividade dos microrganismos, evidenciada pela maior taxa de respiração edáfica: 593,10 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ para o período diurno e 609,89 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ para o período noturno. A área de sol com adubo apresentou uma taxa de respiração edáfica de 563,51 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ para o período diurno e 584,89 mg m⁻² . h⁻¹ para o período noturno. As áreas de sombra com adubo e sol sem adubo apresentaram taxa de respiração de 416,45 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ e 381,59 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹, respectivamente, para o período diurno. No período noturno, a área de sombra com adubo respirou 446,73 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ e a área de sol sem adubo respirou 381,91 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹.

No período de 14 a 17 de fevereiro de 1978, a área sombreada sem adubo apresentou maior taxa de respiração edáfica, 493,02 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ para o período diurno e 587,44 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ para o período noturno, seguida da área de sombra com adubo, 461,60 mg CO₂ . m⁻² . h⁻¹ para o período diurno e 494,70 mg

spiração edáfica em $\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ para microrganismos + raízes (MR) e de participação de microrganismos isoladamente em solos de cacauais influ- períodos de 08-11/08/77 e 14-17/02/78.

	Sombra s/ Adubo			Sol c/ Adubo			Sol s/ Adubo		
	MR	M	§	MR	M	§	MR	M	§
	543,06	289,10	53,92	483,33	310,12	64,99	390,14	271,43	69,51
	598,67	369,50	61,79	505,23	322,43	64,08	409,30	297,50	72,48
	570,87	329,30	57,86	494,28	316,28	64,54	399,72	284,47	71,00

$\text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ para o período noturno. As áreas de sol com adubo e sol sem adubo apresentaram menor taxa de respiração edáfica do que as áreas sombreadas, sendo que a área de sol mais adubo apresentou valores mais altos de respiração edáfica ($403,14 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) do que a área de sol sem adubo ($398,69 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) para o período diurno. No período noturno, ocorreu o inverso: a área de sol sem adubo apresentou maiores valores ($436,69 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$) do que a área de sol com adubo ($425,57 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$).

Os microrganismos participaram com mais de 60% dos valores da respiração edáfica total, sendo que esta percentagem aumenta no período noturno.

Decomposição da celulose. No Quadro 3, são apresentados os resultados da taxa de decomposição da celulose num período de 90 dias. Pode ser visto que a decomposição da

Quadro 3 - Taxa de decomposição de celulose nas áreas cultivadas com cacauzeiros sombreados e ao sol com e sem adubação no CEPEC. Período de 13-12-77 a 13-03-78.

Profundidade (cm)	Perda de Peso Seco			
	Sombra + Adubo kg. ha ⁻¹ . ano ⁻¹ *	Sombra s/ Adubo kg. ha ⁻¹ . ano ⁻¹ *	Sol + Adubo kg. ha ⁻¹ . ano ⁻¹ *	Sol s/ Adubo kg. ha ⁻¹ . ano ⁻¹ *
0-5	7.154,70	9.695,00	7.840,10	6.593,40
5-15	5.954,90	5.382,20	4.022,70	5.562,10
15-30	4.864,20	6.153,80	4.400,20	4.724,60

*Quantidade decomposta a partir de 1g de celulose (peso seco inicial).

fundidade do solo nas áreas sombreadas com adubo e sol sem adubo. Nas áreas de sombra sem adubo e sol com adubo houve maior decomposição a profundidade de solo de 15 - 30 cm do que na profundidade de solo de 5 - 15 cm.

Resultados edáficos e de microclima. No Quadro 1, são apresentados dados de caracterização química do solo das áreas estudadas em amostras retiradas a 0-20 cm de profundidade no solo.

As áreas de sombra com adubo e sol com adubo apresentam valores de pH mais baixos do que as áreas de sombra sem adubo. Nas duas áreas onde os valores de pH são mais baixos, ocorrem maiores teores de Al no solo e menores teores de Ca + Mg e teores mais altos de K. O P é mais alto nas áreas ao sol.

O Quadro 4 apresenta os dados de temperatura do solo a 2 cm e 10 cm de profundidade e temperaturas máximas e mínimas do ar.

A temperatura do solo não sofre grandes variações nas duas profundidades observadas, ocorrendo porém um aumento gradativo da temperatura do solo com o decorrer do dia, sendo que estas diferenças são maiores nas áreas expostas ao sol. A temperatura do ar foi medida na linha de intersecção das duas áreas e não pôde ser mostrada nenhuma diferença entre as mesmas. As áreas sombreadas in-

Quadro 4 - Médias das temperaturas do solo a 2cm e 10cm de profundidade e temperatura máxima e mínima do ar durante o período de observação da respiração edáfica nas áreas sombreadas e ao sol no CEPEC.

Área	Período	Temperatura do Solo (°C)		Temperatura do Ar (°C)	
		2 cm	10cm	Máxima	Mínima
Sombreada	09-08-77	21,0	20,3	31,5	8,5
	10-08-77	21,5	20,8	31,5	8,5
	11-08-77	20,9	20,9	24,5	12,5
	15-02-78	23,7	23,2	26,5	20,5
	16-02-78	23,2	22,9	27,5	17,5
	17-02-78	23,7	23,2	27,5	20,0
	09-08-77	23,9	21,8	31,5	8,5
Sol	10-08-77	24,2	22,5	31,5	8,5
	11-08-77	23,2	22,3	24,5	12,5
	15-02-78	24,5	-	26,5	20,5
	16-02-78	23,8	-	27,5	17,5
	17-02-78	24,4	-	27,5	20,0

terceptam mais luz do que as áreas ao sol.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A área de sombra sem adubo apresentou maior taxa de respiração edáfica e decomposição da celulose na camada superficial do solo, mostrando que os microrganismos encontraram melhores condições edáficas e microclimáticas nessa área para atuar na atividade de degradação da matéria orgânica. A alta atividade na área ao sol com adubo mostra que a adubação exerce um efeito benéfico quando a sombra é removida, fato que ficou evidenciado quando houve remoção de sombra sem aplicação de fertilizante, quando a área de sol com adubo e sombra sem adubo apresentaram valo-

res mais altos de respiração edáfica e decomposição da celulose.

Alvim (1) recomenda o raleamento de sombra e aplicação de fertilizantes visando o aumento da produtividade do cacauel. O mesmo autor relata que, quando há excesso de sombra, os nutrientes mais escassos não são geralmente aqueles fornecidos pelo solo mas sim os extraídos do ar, como o carbono e o oxigênio, sendo evidente os efeitos do fertilizante sobre a produção do cacauel depois que se corrige a escassez desses dois nutrientes extraídos do ar. No presente experimento, o efeito do adubo sobre a atividade dos microrganismos do solo só foi notado quando a plantação estava exposta ao sol, pois, em presença de sombra, o fertilizante agiu negativamente na atividade micror-

gânica. Havord (7), Murray (11), Miranda et al (9), Cabala Rosand et al (2, 3) Morais et al (10) encontraram que, quando há remoção de sombra e aplicação de fertilizantes, a produção do cacauzeiro aumenta consideravelmente. Porém, com o tempo, essa produção tende a diminuir, possivelmente devido à maior degradação da matéria orgânica do solo e perda de nitrogênio (10).

O fato da respiração edáfica no período noturno ser maior do que no período diurno mostra que, durante a noite, as condições microclimáticas favorecem a atividade dos microrganismos do solo. Grisi (5) encontrou que os valores de respiração edáfica total e de microrganismos, isoladamente, na área sombreada, foram maiores do que nas áreas ao sol, atribuindo esse aumento da atividade microrgânica à elevação da temperatura naquela área sombreada. No presente trabalho, os resultados mostram que as áreas expostas ao sol apresentam temperatura do solo mais alta, o que deveria provocar um aumento da taxa de respiração. Isso, porém, não aconteceu, sugerindo que, além da temperatura, existem outros fatores interferindo no processo.

Medina (8) explica a elevação dos valores noturnos da respiração edáfica como sendo o CO_2 do solo durante o dia absorvido pela corrente transpiratória das plantas. No presente traba-

lho, essa hipótese não recebeu confirmação. A respiração dos microrganismos em separado mostrou que esses componentes bióticos do ecossistema são responsáveis por grande parte da respiração total do solo e que encontrando condições favoráveis de temperatura e umidade, como ocorreu na área sombreada, seus valores de respiração tendem a se elevar (5, 12).

A taxa de decomposição da celulose é alta em todas as áreas estudadas, porém atinge valores mais altos na área de sombra sem adubo e sol com adubo evidenciando que, nessas áreas, há melhores condições edáficas para a atuação dos microrganismos na degradação da matéria orgânica. O fato da taxa de decomposição da celulose ser maior nas camadas superficiais do solo (0 - 5 cm) demonstra o papel desempenhado por essas camadas do solo na decomposição da matéria orgânica (5, 12, 14). A taxa de decomposição da celulose decresce com o aumento da profundidade no solo, possivelmente refletindo uma diminuição na população de microrganismos com a profundidade, pela redução do teor de nitrogênio, pois um alto teor de nitrogênio promove a degradação da celulose (4, 12).

Os resultados expressos no presente trabalho são válidos ecologicamente para as áreas estudadas, sendo úteis na interpretação da complexa interação sombra x adubo x produtividade na cultura do cacau.

LITERATURA CITADA

1. ALVIM, P. de T. A sombra e adubação na cultura do cacauá. *Cacau Atualidades (Brasil)* 9 (1) : 2 - 5. 1972.
2. CABALA ROSAND, F.P., MIRANDA, E.R. de e SANTANA, C.J.L. de. Interacción sombra fertilizantes en cacaoales de Bahia. *In International Cocoa Research Conference, 4th, St. Augustine, Trinidad, 1972. St. Augustine, Trinidad, Government of Trinidad and Tobago, 1972. pp. 181 - 189.*
3. ————, MIRANDA, E.R. de e SANTANA, M.B.M. Exigências nutricionais e fertilização do cacauá. Ilhéus, Bahia, Brasil, CEPEC. *Boletim Técnico n.º 30. 1975. 59 p.*
4. GNITTKE, J., KUNZE, C.H. e STEUBING, L. Microbial transformation of organic material in the soil. *In Ellemberg, H., ed. Integrated experimental ecology. Berlin, Spring-Verlag, 1971. pp. 123 - 131.*
5. GRISI, B.M. Biodinâmica do solo cultivado com cacauáes sombreados e ao sol. *Revista Theobroma (Brasil)* 6 (4) : 87 - 99. 1976.
6. ————. Método químico de medição da respiração edáfica. Alguns aspectos técnicos. *Ciência e Cultura (Brasil)* 30 (1) : 82 - 88. 1978.
7. HAVORD, G. The nutrition and shade requirements of cacao. *Turrialba (Costa Rica)* 9 (4) : 138 - 148. 1959.
8. MEDINA, E. Respiración edáfica de algunas comunidades tropicales. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales* 28 (115/116) : 211 - 230. 1969.
9. MIRANDA, E.R. de et al. Respostas à adubação em algumas unidades de solos da região cacauá da Bahia. Ilhéus, Bahia Brasil, CEPEC. *Boletim Técnico n.º 7. 1971. 28 p.*
10. MORAIS, F.J., SANTANA, C.J.L. de e SILVA, R.C.C. A fertilização do cacauá no Brasil; doze anos de pesquisas. Ilhéus, Bahia, Brasil, CEPEC. *Boletim Técnico n.º 55. 1977. 48 p.*
11. MURRAY, D.B. Factors affecting the shade-nutrition interaction in cacao. *In Conference Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaoyères, Abidjan, 1965, Paris, I.F.C.C., 1967. pp. 109 - 115.*
12. SANTOS, O.M. Biodinâmica de um ecossistema de solo de "Tabuleiro" da região sul do estado da Bahia. Tese Mag. Sc. Salvador, Universidade Federal da Bahia, 1977. 87 p.

13. SILVA, L.F. da e MELO, A.A.O. de. Levantamento detalhado dos solos do Centro de Pesquisas do Cacau. Ilhéus, Bahia, Brasil. CEPEC. Boletim Técnico n.º 1. 1970. 89 p.
14. STEUBING, L. Soil flora: Studies of the number and activity of microorganisms in woodland soils. In Reichle, D.E., ed. Analysis of temperate forest ecosystems. Berlin, Springer-Verlag, 1973. pp. 131 - 146.
15. WALTER, H. e HABER, W. Unber die intensitat der bodenatmung nait benerkingen zu deu bunidegards chen werter. Ber. Deit. Ges. 70 : 275 - 282. 1957.
16. WITKAMP, M. Forest soil microflora and mineral cycling. In Duvigneaud, P., ed. Productivity of forest ecosystems. Paris, UNESCO, 1971. pp. 413 - 424.

RESUMO

Atividade Microbiana em Solos de Cacaual sob a Influência do Sombreamento e Adubação

Este experimento foi conduzido para avaliação da atividade dos microrganismos do solo, na degradação da matéria orgânica, em solos cultivados com cacau. As áreas para fins comparativos consistiram das mesmas utilizadas pelo Setor de Fertilidade do Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC) em estudos de interação sombra x adubação.

O trabalho foi realizado nas áreas experimentais do CEPEC, localizado em Ilhéus, Bahia. Este local encontra-se a uma altitude de 38m, a 14°47' de latitude Sul e 39°16' de longitude Oeste.

A avaliação da atividade dos microrganismos foi feita por medidas periódicas da evolução do CO₂ e pela decomposição da celulose *in situ*. Os dados foram correlacionados com características edafo-climáticas locais.

Os resultados obtidos mostram que a área de sombra sem adubo apresenta maior atividade dos microrganismos seguida da área de sol com adubo, tanto para respiração edáfica como para decomposição da celulose na camada superficial de 0 a 5 cm de profundidade. A respiração edáfica noturna foi maior do que a diurna em todas as áreas estudadas.

A taxa de decomposição da celulose foi mais alta nas camadas superficiais do solo em todas as áreas. Houve um decréscimo da atividade dos microrganismos com o aumento da profundidade no solo. Esse efeito foi correlacionado com a diminuição do teor de nitrogênio nas camadas mais profundas do solo.

