

# ALGUNS FATORES QUE AFETAM O DESENVOLVIMENTO DOS MICROORGANISMOS DO SOLO

FERDINANDO GALLI

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Universidade de São Paulo

A população microbiana do solo é constituída por organismos pertencentes aos reinos animal e vegetal, e inclui bactérias, actinomicetos, fungos, algas, virus, nematóides, protozoários, etc. Os três primeiros grupos são geralmente considerados os mais importantes, tanto pelo número deles quanto pelos processos biológicos pelos quais são responsáveis.

Os microorganismos do solo, de u'a maneira geral, são capazes de se desenvolverem em condições ambientes as mais diversas. Entretanto a ocorrência e o desenvolvimento de uma determinada espécie, gênero ou grupo de microorganismos está afeta à interação de vários fatores que governam a quantidade e a qualidade dos muitos componentes da população microbiana do solo. Alguns dos fatores que exercem ação bastante grande sobre esses microorganismos são :

1 — *Reação do solo* — A reação do solo tem efeito bastante acentuado sobre a distribuição dos microorganismos, conforme se pode deduzir, examinando os dados apresentados na tabela I.

Os microorganismos têm exigências diferentes, no tocante ao pH do solo. Segundo WAKSMAN (1922), a maior parte dos actinomicetos do solo tem um limite mínimo de pH ao redor de 5,0 - 5,2. Num solo cujo pH variou de 6,2 a 4,8, devido à oxidação de compostos do enxofre, o número de actinomicetos por grama de solo caiu de 6.000.000 para 900.000. STOKES (1940) observou um aumento gradativo da quantidade de algas, com o aumento do pH de um solo tratado com hidróxido de cálcio.

A maior quantidade de bactérias aparece em solos pouco ácidos, neutros ou levemente alcalinos. Entretanto, os diferentes grupos de bactérias se comportam de maneira diferente com relação à reação do solo, e isso, naturalmente, se reflete nos processos pelos quais elas são responsáveis. Assim, as bactérias da nitrificação têm um ótimo de pH entre 6,8 e 7,3; as bactérias do enxofre são capazes de se desenvolver entre pH 1,0 e 6,0; as bactérias aeróbicas fixadoras não simbióticas do nitrogênio atmosférico, *Azotobacter* spp., geralmente não são encontradas em solos com pH inferior a 6,0, e as bactérias que decompõem a uréia não se desenvolvem em solos com pH abaixo de 6,6 - 7,0.

TABELA I

Influência da reação do solo sobre a distribuição de bactérias, actinomicetos e fungos (segundo WAKSMAN)

pH do solo	N total (%)	Bactérias *	Actinomicetos	Fungos
4,1	0,090	2,69	0,37	111,45
4,6	0,078	3,00	1,15	59,70
5,2	0,087	4,00	1,34	61,00
5,8	0,081	6,99	2,52	39,10
6,4	0,082	5,21	2,41	22,45
6,7	0,078	7,30	2,82	26,20

\* = bactérias e actinomicetos em milhões, e fungos em milhares por grama de solo.

SMITH e GALL (1944) concluíram que a acidez elevada tem efeito danoso sobre os processos microbianos que se desenvolvem no solo, e que a variação do pH de um solo, seja pela adição de enxofre, seja pela adição de cal, reflete-se na atividade dos microorganismos. Segundo KATZNELSON (1940), a reação do solo é o fator mais importante no controle da sobrevivência ou morte de microorganismos recém-introduzidos no solo.

2 — *Umidade* — A quantidade de água do solo tem dois papéis principais, no que toca à população microbiana; controla a quantidade de oxigênio disponível pelos microorganismos, criando assim condições de aerobiose ou de anaerobiose, de acordo com a menor ou maior porcentagem de água, e atua ainda como solvente das substâncias orgânicas e inorgânicas utilizadas pelos microorganismos.

Segundo WAKSMAN (1922), o ótimo de umidade para o crescimento de várias espécies de actinomicetos corresponde a cerca de 60 a 65% da capacidade de absorção de água pelo solo. De acôrdo com STOKES (1940), o ótimo de umidade para o desenvolvimento das algas do solo está entre 40 e 60% daquela capacidade; de ambos os lados dêsse ótimo, haverá menor número de algas. Baseando-se em dados apresentados por ENGEBERDING, PEROTTI (1949) diz que o número de bactérias aumenta até um ótimo, correspondente ao das plantas superiores (70 - 80%), e diminui quando a umidade aumenta de 80 a 100%.

3 — *Temperatura* — SMITH e GALL (1944) mostraram que a temperatura do solo tem grande influência sobre o número de microorganismos, principalmente sobre as bactérias. Eles encontraram maior número de bactérias no solo quando a temperatura média mensal era inferior a 21°C; o número médio de bactérias por grama de solo, para os meses de junho a outubro era de 407.000, e de novembro a março era de ..... 1.312.000.

WAKSMAN e GERRETSEN (1931), estudando a decomposição de restos vegetais sob temperaturas variando entre 7°C e 37°C, concluíram que as temperaturas mais baixas favoreciam as atividades de síntese, ao passo que as temperaturas mais altas eram mais favoráveis ao desenvolvimento dos microorganismos que promoviam os processos de decomposição. A predominância dos processos de síntese sobre os de análise, a temperaturas mais inferiores, encontra especial aplicação no caso das proteínas; como consequência disso, o teor em nitrogênio da matéria orgânica dos solos de regiões frias deve ser maior que o da matéria orgânica dos solos de regiões quentes.

4 — *Microorganismos e raízes de plantas* — As raízes das plantas superiores exercem marcada influência sobre os microorganismos do solo, sendo que as relações entre ambos podem ser agrupadas em tres tipos: simbiose, quando há um proveito mútuo para ambos os componentes da associação; parasitismo, que inclui fungos, bactérias e virus que causam doenças nas plantas, e comensalismo, onde ambos, planta e microorganismo, têm algum proveito da excreção de substâncias orgânicas e inorgânicas pelas plantas e pelos habitantes do solo. Os fungos das micorrizas e as bactérias dos nódulos das leguminosas são os mais comuns e talvez os mais importantes exemplos de simbiose entre microorganismos e plantas superiores.

As bactérias do gênero *Rhizobium*, quando vivendo nos nódulos das raízes das leguminosas, recebem carboidratos e outras substâncias da planta, e nessas condições são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, que é, então utilizado pela planta simbiote. As micorrizas são órgãos morfológicamente distintos encontrados nas raízes de muitas plantas superiores, e resultam da associação entre fungos do solo e raízes das plantas. SCHMIDT (1947), revisando a literatura sobre micorrizas, mostrou que esse tipo de associação tem grande importância sobre a nutrição da planta simbiote. De acordo com esse autor, a maioria dos fungos simbiotes são membros dos Basidiomicetos, os gêneros mais comuns sendo *Boletus*, *Amanita*, *Tricholoma*, *Boletinus*, *Cortinarius* e *Russula*. Também são encontrados fungos pertencentes às classes dos Ascomicetos, Ficomicetos e Fungos Imperfeitos.

CLARK (1949), considera as bactérias mais sujeitas ao estímulo pelas raízes das plantas superiores, que os actinomicetos e fungos. De acordo com o mesmo autor, a microflora do solo em contacto com a raiz das plantas é constituída principalmente de bactérias. Frequentemente o efeito das raízes das plantas sobre actinomicetos e fungos é muito pequeno, sendo mais pronunciado sobre protozoários e nematóides.

O número de microorganismos associados com raízes de plantas depende de muitos fatores, tais como tipo de planta, estágios e condições de crescimento da mesma, etc.

TABELA II

Número de microorganismos na rizosfera e no solo distante da raiz (Segundo TIMONIN 1940) \*

Var. de linho	Origem da amostra**	Fungos***	Bactérias	Actinomicetos
Bison	R	206,3	439,9	11,6
	S	87,8	91,4	8,1
Novelty	R	500,5	2751,3	17,3
	S	73,1	105,3	9,4

\* = umidade 30% de saturação

\*\* = R = rizosfera; S = solo distante da raiz

\*\*\* = fungos em milhares, bactérias e actinomicetos em milhões por grama de solo.

5 — *Inseticidas e ervicidas* — A aplicação de ervicidas e inseticidas no solo parece ter diferentes efeitos sobre a população do mesmo. SMITH e WENZEL (1948) reportam que os microorganismos em solos de casa de vegetação, tratados com DDT em quantidades variando de 10 a 400 libras por acre, e em solo de campo na dose de 400 libras por acre, não foram afetados. Em alguns casos eles notaram leve dano, seguido de recuperação. Os mesmos autores acharam que outros inseticidas, como Canfenol Colorado, estimularam o desenvolvimento das bactérias e de fungos, mas tiveram efeito inibidor em alguns grupos de microorganismos, como as bactérias da nitrificação. WILSON (1948) concluiu que a produção de amônia e a população total de bactérias, actinomicetos e fungos eram muito pouco afetados por aplicações pesadas de hexacloreto de benzeno no solo. Alguns organismos, entretanto, tais como *Rhizoctonia solani*, *Azotobacter* e algumas espécies de actinomicetos foram afetados pela forma bruta de hexacloreto de benzeno ou de alguns dos seus isômeros. VERONA e PICCI (1952) concluíram que os inseticidas sistêmicos não exercem ação negativa sobre a população microbiana do solo.

SMITH e GALL (1946) acharam que alguns ervicidas, como sulfato de amônio, arsenito de sódio e borato de sódio, não eram danosos a nenhum dos microorganismos testados, especialmente em presença de carboidratos. Outros compostos, entretanto, como o tiocianeto de amônio, reduziram o número de bactérias e de actinomicetos e tiveram efeito estimulante sobre os fungos. VERONA (1948) não observou nenhum efeito inibidor de ervicidas à base de hormônios vegetais sobre os microorganismos do solo. De acordo com NEWMAN (1948), a quantidade de ervicidas que são aplicados ao solo para o controle de ervas más não tem efeito sério ou significativo sobre a maioria dos microorganismos do solo. Certos grupos de organismos podem ser prejudicados mais que outros. Ele achou que 2,4D, na quantidade de 2,5 mg por 100 gramas de solo reduziu apreciavelmente a nitrificação de sulfato de amônio incorporado ao solo, e teve efeito menor sobre a produção de CO<sub>2</sub>.

Podemos concluir que a maior parte dos ervicidas e inseticidas aplicados nas quantidades usuais não tem efeito prejudicial sobre a população microbiana do solo. Podem exercer certo efeito inibidor sobre determinados grupos de microorganismos, e, portanto, sobre os processos que são levados a efeito por eles. Os ervicidas e inseticidas parecem ser decompostos pelos microorganismos, ou ser absorvidos pelo solo, perdendo suas propriedades dentro de pouco tempo.

6 — *Antagonismo e antibióticos* — Entre os muitos trabalhos relativos à ação antagonônica entre microorganismos do solo, podemos nos referir aos seguintes: SCHATZ e HAZEN (1948), usando o método de seleção para o isolamento de microorganismos anti-fúngicos, observaram que a porcentagem de bactérias antagonônicas era consideravelmente menor que a de actinomicetos, ao passo que a de fungos antagonônicos estava colocada entre os valores para bactérias e actinomicetos. THORNTON e outros (1950) acharam que sete espécies de *Streptomyces* e seis espécies de fungos pericententes ao gênero *Penicillium* tiveram efeito inibidor na evolução de anidrido carbônico por *Rhizobium meliloti* em solo estéril. SIMINOFF e GOTTLIEB (1951), estudando a questão se substâncias antibióticas são produzidas no solo ou se tal material exerce alguma influência na sua população microbiana, observaram que o efeito antagonônico de *Streptomyces griseus* sobre *Bacillus subtilis* no solo não é devido à secreção de streptomina pelo primeiro, uma vez que a streptomina é inativada no solo por absorção, fenômeno este que é altamente irreversível. O efeito inibidor deve ter sido devido à competição para alimento ou para espaço.

De acôrdo com WAKSMAN (1952), o efeito antagonônico entre microorganismos do solo pode ser devido às seguintes causas: a) competição por alimento; b) criação de condições desfavoráveis, tais como troca da reação do solo pela produção de ácidos orgânicos ou inorgânicos; c) produção de substâncias específicas, tais como antibióticos ou toxinas, que são injuriosas ao desenvolvimento de outros microorganismos; d) parasitismo de um organismo por outro; e) efeito predativo, como a alimentação de bactérias por protozoários ou de fungos por insetos.

#### LITERATURA CITADA

- CLARK, F. E., 1949 — Soil microorganisms and plant root. *Advances in Agronomy*. 1: 241-248.
- EGGLETON, W. G. E., 1938 — The influence of environmental factors on number of soil microorganisms. *Soil Sci.* 46: 351-363.
- KATZNELSON, H., 1940 — Survival of microorganisms introduced into soil. *Soil Sci.* 49:283-293.

- LOCHHEAD, A. G. e F. E. CHASE, 1943 — Qualitative studies of soil microorganisms: V. *Soil Sci.* 55: 185-195.
- NEWMAN, A. S., 1948 — The effect of certain plant growth regulators on soil microorganisms and microbial processes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 12: 217-220.
- PEROTTI, R., 1949 — Biologia vegetali applicata all'agricoltura: IV, A Batteriologia del terreno. Torino, Rosenberg & Sellier, 394 pp.
- SCHATZ, A. e ELIZABETH L. HAZEN, 1948 — The distribution of soil microorganisms antagonic to fungi pathogenic to man. *Mycologia* 40: 461-477.
- SCHMIDT, E. L., 1947 — Mycorrhizae in relation to forest soil. *Soil Sci.* 64: 371-378.
- SIMINOFF, P. e D. GOTTLIEB, 1951 — The production and role of antibiotics in the soil: I—the fate of streptomycin. *Phytopathology* 41: 420-430.
- SMITH, F. B. e O. E. GALL, 1944 — Types and distribution of microorganisms in some Florida soils. Univ. Fla. Agric. Exp. Sta. Bull. 396, 41 p.
- SMITH, N. R. e MARIE E. WENZEL, 1948 — Soil microorganisms are affected by some of the new insecticides. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 12: 227-233.
- SMITH, N. R., VIRGINIA T. DAWSON e MARIE E. WENZEL, 1946 — The effect of certain herbicides on soil microorganisms. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10: 197-201.
- STOKES, J. L., 1940 — The influence of environmental factors upon the development of algae and other microorganisms in soil. *Soil Sci.* 49: 171-184.
- THORNTON, G. D., J. ALENCAR e F. B. SMITH, 1950 — Some effects of *Streptomyces albus* and *Penicillium* spp. on *Rhizobium meliloti*. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14: 188-191.

- TIMONIN, M. I., 1940 — The interaction of higher plants and soil microorganisms: II. Study of the microbial population of the rhizosphere in relation to resistance of plants to soil borne disease. *Can. J. Res., C*, 18: 444-455.
- VERONA, O., 1948 — Effetti di alcuni arbicidi selettivi sulla microflora, in particolare, del terreno. *Ann. della Fac. Agraria*, (n.s.), 8: 189-199.
- VERONA, O., e G. PICCI, 1952 — Intorno all'azione esercitata dagli insetticidi sistemici sulla microflora del terreno. *Agricoltura Ital.* 52: 61-70.
- WAKSMAN, S. A., 1922 — The influence of soil reaction upon the growth of actinomycetes causing potato scab. *Soil Sci.* 14: 61-79.
- WAKSMAN, S. A., 1952 — *Soil Microbiology*. John Wiley & Son, Inc., New York. 356 pp.
- WAKSMAN, S. A. e F. G. GERRETSEN, 1931 — Influence of temperature and moisture upon the nature and extent of decomposition of plant residues by microorganisms. *Ecology* 12: 33-60.
- WILSON, J. K., 1948 — The effect of benzene hexachloride on soil organisms. *Jour. Agric. Res.* 77: 25-32.