

SOLO, PLANTAS E ANIMAIS

Coaracy M. Franco

Que a vida, em todo o reino animal, depende da existência das plantas é fato de há muito conhecido. É de se esperar, pois que o primeiro a chegar a essa conclusão tenha também considerado que, dependendo a existência do solo, a vida animal também estava na dependência desse mesmo solo.

Essa deve ter sido a primeira idéia sobre as relações existentes entre solo, plantas e animais. Idéia simplista, porém basicamente certa.

E quanto mais a mente humana se foi enriquecendo com a aquisição de novos conhecimentos, tanto mais a curiosidade do homem o levou a investigar as cousas da natureza, para chegar à conclusão de que eram cada vez mais estreitas aquelas relações. Compreendeu-se que as plantas, derrubando suas partes mortas e, finalmente, todo o seu organismo depois de sua morte, enriquecem o solo, o que o torna capaz de melhor nutrir as próprias plantas e, portanto, indiretamente também os animais.

A respiração dos seres vivos consumiria em pouco tempo todo o oxigênio da atmosfera, tornando impossível a vida sobre a terra, se não fôsse as plantas verdes produzirem diariamente toneladas e toneladas daquele gás, repondo-o na atmosfera em consequência da fotossíntese, fenômeno básico para toda a espécie de vida sobre a terra.

A assimilação de carbono do ar, pelas plantas verdes, é calculada em cerca de 116.000.000.000 (*) toneladas por ano (12) para todo o globo terrestre incluindo a assimilação pelas plantas marinhas. Essa é a quantidade de carbono retirada anualmente do ar pelas plantas.

Considerando que, para cada molécula de gás carbônico retirada da atmosfera, a planta cede uma molécula de oxigênio,

(*) Na verdade é calculada em $(146 + 87)109$ toneladas.

concluiremos que as plantas põem na atmosfera anualmente cerca de 30.000.000.000 de toneladas daquele gás para a respiração de todos os seres vivos.

O petróleo, que faz girar a maioria das máquinas modernas, provém de plantas que existiram há centenas de milhares de anos e que no fundo de antigos mares se transformaram naquele mineral por um lento processo anaeróbico.

As plantas verdes sendo autotróficas, isto é, fazendo o seu próprio alimento com a energia que retiram da luz solar, independem do reino animal.

Os animais, porém, precisam obter seu alimento já na forma orgânica (carboidratos, graxas, proteínas) e o conseguem dos corpos de outros organismos. Em última análise, a existência de todo o reino animal depende das plantas verdes. Nos lagos e oceanos: as algas, plantas verdes inferiores, às vezes microscópicas, sintetizam carboidratos e proteínas com a água e gás carbônico nela dissolvido. Protozoários e pequenos animais marinhos alimentam-se das algas; os peixes se alimentam daqueles protozoários e pequenos animais e vão por sua vez, servir de alimento a peixes maiores. Por essa cadeia de dependências, a vida dos tubarões e baleias depende da existência das pequeninas e, à primeira vista, insignificantes algas marinhas.

O mesmo fenômeno se dá na vida terrestre. Os herbívoros se alimentam diretamente das plantas e servem de alimento às espécies carnívoras e assim existe também uma cadeia unindo a vida do homem à existência da relva, para nós, aparentemente mesquinha.

Os nossos antepassados antropomorfos eram predominantemente vegetarianos. Quando a espécie humana apareceu, diferenciado-se do tronco comum, herdou deles o apetite pelos alimentos vegetais e o homem pré-histórico vagava então pelas matas à procura de frutos, raízes e plantas comestíveis. O homem civilizado melhorou este método, desenvolvendo a ciência da agricultura.

O PAPEL DOS MICROORGANISMOS

Principalmente dois elementos estão continuamente sen-

do retirados do ambiente para a formação do protoplasma: carbôno e azôto. Bilhões e bilhões de toneladas de protoplasma existem nos organismos animais e vegetais sôbre a terra.

Gás carbônico é retirado do ar pela fotossíntese e com o seu carbôno são sintetizados os carboidratos. Sem gás carbônico no ar não haveria alimentos sôbre a terra e, portanto, não haveria vida. A quantidade de gás carbônico sôbre a terra é naturalmente limitada. Tendo o ar 0.03% de gás carbônico, a quantidade de gás carbônico sôbre cada alqueire de terra é de + 36 toneladas. Foi calculado que todo o gás carbônico existente na atmosfera terrestre seria consumido em 35 anos se não existisse algum processo que o libertasse novamente dos compostos orgânicos. A quantidade retornada ao ar pela respiração dos seres vivos é tão insignificante que sômente iria alterar em dias a data em que se esgotaria o gás carbônico de sôbre a terra.

A que fato, pois, devemos a existência contínua do gás carbônico na atmosfera? Devemo-lo ao trabalho de microscópicas plantas despigmentadas, principalmente bactérias, pois que a ninguém é estranho o fenômeno corriqueiro do apodrecimento pelo qual a matéria orgânica é decomposta voltando o carbono à atmosfera. Este processo de decomposição, que à primeira vista não deveria existir, pois que estraga os nossos alimentos, as nossas casas, os nossos móveis, etc., é de primordial importância para que haja vida sôbre a terra.

Falemos sômente do papel dos microorganismos sôbre o ciclo do carbôno. Idêntica história poderia ser contada com relação ao azôto. Cabe ao reino vegetal a tarefa de retirar o azôto livre da atmosfera e fixá-lo em compostos azotados, o que é feito por bactérias fixadoras do azôto, algumas das quais em simbiose com plantas da família das leguminosas. Esse azôto irá nutrir as plantas e, indiretamente, também os animais. Outras bactérias estão continuamente decompondo a matéria azotada e devolvendo o azôto livre à atmosfera e graças a essas bactérias é que este elemento não se esgota na atmosfera.

Se as plantas nos dão a vida, fornecendo alimentos, o oxigênio que respiramos e até a energia para nossas máquinas,

também frequentemente nos dão a morte. Quando alguém morre em consequência de uma moléstia infecciosa, frequentemente o mal foi provocado por plantas unicelulares microscópicas — as bactérias.

NUTRIÇÃO

Apontamos acima apenas alguns dos grandes elos que ligam os animais às plantas e ao solo e já conhecidos há bastante tempo. Existem, porém, no campo da nutrição mineral outros elos que, embora pequenos, não são menos essenciais que os primeiros.

O primeiro pesquisador a se interessar pelo estudo das plantas, de que há registo na história científica, parece ter sido Van Helmont, que viveu de 1577 a 1644.

VAN HELMONT (14) fez a seguinte experiência: encheu um vaso com terra seca ao forno, regou com água de chuva e plantou um galho de salgueiro. Cinco anos mais tarde, a planta pesava 169 libras e a terra, praticamente, o mesmo peso inicial. Somente água ele havia adicionado. Portanto, concluiu VAN HELMONT, as plantas vivem da água que existe no solo.

GLAUBER (14) em 1656 levantou a hipótese de ser o salitre a base da vegetação. Encontrou salitre na urina e concluiu que o animal naturalmente o tinha ingerido com as plantas de que se alimentava. Observou também o efeito do salitre no desenvolvimento das plantas, e concluiu ser ele o princípio assencial da vegetação.

O primeiro a empregar a técnica da cultura em solução nutritiva para o estudo da nutrição, embora de uma maneira primitiva, parece ter sido WOODWARD (14) em 1699. Ele cultivou plantas em água de fonte, de rio, de chuva e destilada para determinar se era a água ou se as partículas sólidas nela suspensas que nutriam as plantas. Notou que o crescimento havia sido proporcional à impureza da água e concluiu que os vegetais eram feitos de uma "substância terrestre" que se encontrava na água do solo. Para ele, o vegetal se constituía, portanto, de uma substância existente na terra e não da água.

TULL (14) em 1731, também achou que as plantas se nutriam de partículas sólidas e disse que os vegetais se consti-

tuíam dos seguintes elementos : salitre, água, ar, fogo e terra.

Em 1757, FRANCIS HOME (13), estudando o solo, avançou um pouco mais. Tendo encontrado no solo, segundo suas análises, nitratos, sulfatos de magnésia, sulfato de potássio e óleo concluiu que as plantas eram formadas de ar, água, terra sais de diferentes espécies, óleo e fogo.

LIEBIG (14) em 1840, mostrou que as plantas tomavam carbono do ar e disse que a função do húmus era produzir gás carbônico. Para que o solo se conserve fértil, dizia Liebig, é necessário e suficiente que retornem a êle os sais minerais e o azôto que a planta retirou. Fez um adubo conhecido por "Adubo patenteado de Liebig", que fracassou por motivos hoje bem conhecidos.

Com a fundação da Estação Experimental de Rothamsted, inciou-se em 1843 na Inglaterra a era científica de estudos metódicos sôbre a nutrição vegetal.

Por volta de 1855 (14), entre outros, os seguintes pontos eram dados por esclarecidos :

1 — As plantas precisam de fosfato e sais dos álcalis.

2 — As plantas não leguminosas precisam de azôto no solo pois o azôto da atmosfera é suficiente para elas. (pensava-se naquela época que as plantas tomavam azôto do ar). As leguminosas, porém, não são uma excepção ao tocante, isto é, não precisam de azôto no solo.

SACHS (15) em 1860 publicou a primeira fórmula de solução nutritiva, na qual conseguiu cultivar plantas. Na sua fórmula entram os seguintes sais : KNO_3 , $Ca_3(PO_4)_2$, $MgSO_4$, $NaCl$, $FeSO_4$.

Daquela época até o começo dêste século tinha-se como certo que as plantas precisavam de 10 elementos para o seu desenvolvimento normal, a saber : C, H, O, N, P, K, S, Mg, Ca, Fe. Os métodos de então não permitiam encontrar certos elementos que as plantas precisam em quantidades muito pequenas; apenas algumas partes por milhão.

Êsses elementos são chamados microelementos, elementos menores, elementos traços, etc. São êles : Mn, Zn, Bo, Cu, Mo, já então, em lugar de 10 temos 15 elementos essenciais às plantas.

Outros elementos como Al, Si, Co, etc., são também comumente encontrados nas plantas. Alguns hoje julgados não essenciais às plantas, poderão mais tarde passar para a lista de essenciais quando, com métodos mais eficientes, de demonstrar a sua essencialidade.

Para observar os sintomas da falta de microelementos, é necessária uma técnica e material especiais. Os sais utilizados nas soluções nutritivas devem ser várias vezes, purificados até que fiquem isentos do menor traço daqueles elementos. Os frascos empregados devem ser de puro quartzo ou vidro especial, pois que do vidro comum se desprende quantidade suficiente de alguns microelementos para que as plantas cresçam normais. A estufa onde a experiência está sendo feita deve ser completamente isenta de poeira, pois a camada de poeira que em um ambiente normal se deposita sobre as folhas também pode encerrar quantidades suficientes de microelementos, que as plantas poderão absorver pelas folhas.

O papel dos microelementos na fisiologia da planta é ainda muito pouco conhecido. Alguns, como o Mn, parecem tomar parte em certas enzimas envolvidas no sistema oxirredutor, outros parecem atuar como catalizadores em sínteses e desdobramentos moleculares. Assim, vemos porque são essenciais, porém suficientes em pequeníssimas doses.

Há elementos que embora não sendo essenciais para o desenvolvimento normal de certas plantas parecem, contudo, ser benéficos a elas. O caso mais típico é o do silício (11). Embora crescendo normalmente sem este elemento, certas plantas, como o arroz, adquirem maior resistência aos ataques de fungos e insetos quando lhes é dado absorver silício.

São já em grande número as moléstias conhecidas nas plantas, produzidas pela falta de algum microelemento.

Há também o caso de intoxicação por excesso de um elemento. Às vezes, esses mesmos elementos necessários à planta em pequeníssimas doses, passam a ser tóxicos em doses maiores, porém ainda relativamente pequenas, como tem sido observado em relação ao manganês e alumínio em solos ácidos. E no campo dos microelementos que têm sido, ultimamente,

descobertas interessantes e importantes inter-relações entre o solo, a nutrição vegetal e animal.

Os animais (inclusive o homem) precisam daqueles mesmos elementos essenciais às plantas, com possível exceção do Boro, porém precisam mais de Na, Cl, I, Co.. Evidentemente, os animais tomam êsses alimentos indiretamente do solo, a maior parte por intermédio das plantas de que se alimentam. Nos EE. UU., Europa e Ásia (2) existem grandes áreas, cujo solo não contém iodo. As plantas não se ressentem dêsse elemento, mas os animais que se alimentam delas sofrem de deficiência dêsse elemento, quando êste não é dado intencionalmente. Essa área dos EE. UU. abrange vários Estados. Antes que isso fôsse descoberto era muito grande o número de pessoas que apresentavam deficiência de iodo e sômente no Estado de Montana se perdiam milhares de porcos anualmente por causa da ausência dêsse elemento no solo e, portanto, nas plantas que lhes serviam de alimento. (1)

Na Nova Zelândia e Austrália (1) a falta de cobalto em certos solos foi a causa de uma grave enfermidade nos carneiros. Também neste caso as plantas eram normais, pois não necessitavam do Co que elas não tinham. A princípio curavam os animais com sais de Fe. (9) Mais tarde porém verificou-se que o que de fato curava era o Co. que ia como impureza nos sais de ferro empregados. Certa moléstia das galinhas (1) é evitada com aplicações de Mn no solo.

Se os animais se ressentem da falta de certos elementos que as plantas de que se alimentam não contém também, às vezes, se intoxicam com o excesso de determinado elemento contido nos vegetais de sua dieta.

Dêsses o caso mais típico e bem conhecido é o selênio. (16) Em 1857, MADISON descreveu uma moléstia do cavalo, cuja causa era desconhecida. Mais tarde observou-se grande mortalidade entre os cavalos, porcos e outros animais nos estados americanos de Nebraska e S. Dakota, atribuída a uma nova moléstia que denominaram "Alcali disease".

Recentemente, foi descoberto que aquela moléstia descrita

por MADISON e a "alkali disease" eram causadas por excesso de selênio nas plantas das pastagens. Crescendo em solo rico em Se, as plantas acumulavam quantidade suficiente daquele elemento para intoxicar os animais que com elas se alimentavam. As plantas variam muito quanto à capacidade de acumular Se em seus tecidos. Dentre elas sobressaem as do gênero *Astragalus*, que acumulam quantidade surpreendente daquêle elemento, tendo sido observados exemplares com até 1,5% de selênio. As plantas dêsse gênero eram, portanto, as mais tóxicas aos animais.

Já se pensou em utilizar o selênio como meio de combate a certas pragas (10) aproveitando-se o fato de poder ser êste elemento acumulado nos tecidos vegetais até doses tóxicas aos animais. Plantas que haviam absorvido Se foram infestadas intencionalmente com "ácaros".

Fôlhas contendo 25 ppm foram tóxicas àqueles aracnídeos. É claro que êste meio de combate somente poderia ser usado em plantas que não fôssem usadas como alimento aos animais.

Também é conhecido o caso de as plantas se tornarem tóxicas aos animais em consequência de absorverem grande quantidade de Molibdênio (3 e 4), quando vegetando em solo rico dêste elemento.

Em contraste com o caso do selênio, há elementos cujo teor nas plantas não varia muito. Um caso bem típico é o do fluor. Mesmo crescendo em solos com bastante fluor, o teor dêste nas plantas não varia muito. (8)

A ilourese nos animais pode ser causada pela água e alimentos contaminados com compostos de Fl. mas nunca pelo seu teor nas plantas, mesmo quando estas vegetam em solo rico daquele elemento.

O caso do alumínio é também bastante interessante. (6) O teor médio em Al dos tecidos vegetais anda por volta de 20,0 mg/kg, ao passo que no tecido animal é apenas de 0,5 mg/kg. Nosso organismo tem, portanto, 40 vezes menos Al do que os vegetais que comemos. Em vista da quantidade de Al já contida nos vegetais de nossa alimentação e o teor baixo daquele elemento em nosso organismo, o fato, às vezes ventilado, de

uma possível ação tóxica dos alimentos cozidos em vasilhames de alumínio parece muito pouco provável.

FELLENBERG (3) cita o caso de um solo muito rico em arsênico, onde a pequena vegetação era tóxica aos carneiros.

Por outro lado, analisou muitos frutos colhidos de plantas cultivadas em solo rico em arsênico e não encontrou teor elevado daquele elemento. Também analisou frutos que haviam sido pulverizados com arseniato de chumbo para combater insetos. Conclui que o arsênio, neste caso, não dá motivos a se pensar em intoxicação, contudo diz aquêlê autor que, por causa de seu teor em chumbo, o arseniato de chumbo deve ser substituído pelo arseniato de cálcio.

WILLIAMS and WHETSTONE (17) citam casos de cebola, rabanete e alface cultivados em solo rico em arsênico e que continham até cêrca de 65 ppm de arsênico na matéria sêca.

Êstes fatos vieram mostrar que nos estudos dos solos e da nutrição vegetal estava sendo esquecido o papel das plantas como fornecedoras dos elementos minerais à nutrição animal.

Temos nos preocupado em estudar o solo, melhorá-lo, enriquecê-lo com elementos minerais com o objetivo único de obtermos maiores colheitas e nos esquecemos de melhorá-lo também no sentido de fornecer alimentos de maior valor nutritivo.

Felizmente êste assunto começa a merecer atenção. O govêrno americano criou em Ithaca, N. Y., junto à Universidade de Cornell, um laboratório muito bem equipado com a finalidade especial de estudar os solos, a nutrição vegetal e animal nas suas múltiplas e recíprocas influências.

Temos esperança de que um dia êsse assunto será estudado também com o devido carinho em nosso país.

LITERATURA CITADA

- 1 — AUCHTER, E. C. 1939 — The interrelation of soils and plant, animal and human nutrition. *Science*, 89 : 421-427.
- 2 — BEENSON, K. C. 1945 — The occurrence of mineral nutritional diseases of plants and animals in the United States. *Soil Sci.* 60 : 9-14.
- 3 — FELLEMBERG, T. 1930 — Über den Arsengehalt natürlicher und mit Arsenpreparaten behandelter Lebensmittel.

Biochem. Ztschr. 218 : 93 — 317.

- 4 — HOAGLAND, D. R. 1945 — Molybdenum in relation to plant growth. *Soil Sci.* 60 : 119 — 124.
- 5 — HOAGLAND, D. R. 1944 — Lectures on the Inorganic Nutrition of Plants. Chron. Bot. Co., Waltham, Mass. U. S. A.
- 6 — HUTCHINSON, G. E. 1946 — Aluminium in soils, and plants, and animals. *Soil Sci.* 60 : 29 — 40.
- 7 — KNOPP, W. 1865 — Quantitative Untersuchungen über den Ernährungsprozess der Pflanze. *Landw. Versuchs-Stat* 7 : 93 — 107.
- 8 — MITCHELL, H. H. and MEDMAN 1945 — Flourine in soils, plants, and animals. *Soil Sci.* 60 : 81 — 90.
- 9 — MITCHELL, R. L. 1945 — Cobalt and nickel in soils and plants. *Soil Sci.* 60 : 63 — 70.
- 10 — MORRIS, V. H., C. R. NEISWANDER AND J. D. SAYRE 1941 — Toxicity of selenium containing plants. as means of control for red spiders. *Pl. Phys.* 16 : 197 — 202.
- 11 — PALLADIN, V. I. 1927 — Plant Physiology. Eng. Trans. Livingston 86 pp., P. Blakiston's Son and Co., Philadelphia.
- 12 — RILEY, G. A. 1944 — The carbon metabolism and photosynthetic efficiency of the earth as a whole. *American Scientist* 32 : 129 — 134.
- 13 — ROBINSON, W. O., and GEDGINGTON 1945 — Minor elements in plants, and some accumulator plants. *Soil Sci.* 60 : 15 — 28.
- 14 — RUSSEL, E. J. 1937 — Soil conditions and plant growth. Longmans, Gree and Co. London. New York Toronto pe. 1 — 165
- 15 — SACHS, J. 1860 — Vegetationsversuche mit Anschluss des Bodens über die Nährstoffe und sonstigen Ernährungsbedingungen von Mais, Bohnen, und anderen Pflanzen. *Landw. Versuchs-Stat.* 2 : 219 — 298.
- 16 — TRELEASE, S. F. 1945 — Selenium in soils, plants and animals. *Soil. Sci.* 60 : 125 — 132.
- 17 — WILLIAMS, K. T. S. and R. R. WHETSTONE. 1940 — Arsenic distribution in soils and its presence in certain plants. U. S. Dept. Agr. Techn. Bull. 732 : 1 — 20.