

Alimentação Azotada das Plantas

JAYME ROCHA DE ALMEIDA
Assistente do prof. Mello Moraes

Embóra se considerasse a principio que o humus fôsse a unica materia fertilizante dos solos, Liebig veio demonstrar com sua theoria sobre a alimentação mineral justamente o contrario, dando ainda mais forças áquellas esparsas experiencias que naquella epoca se faziam para attestar o valor do salitre sobre o desenvolvimento das plantas.

O solo, a despeito de muitas causas que determinam perdas mais ou menos graves de azoto, veste-se annualmente de uma nova vegetação que necessita tambem de azoto para o seu desenvolvimento. De onde provem este elemento?

As fontes de azoto são variadissimas. De facto, as substancias que encorporamos ao solo são, em maxima parte, formadas de compostos azotados que ahi soffrem diversas transformações que conduzem á mineralisação do azoto organico.

Acredita-se ainda que a fixação do azoto atmospherico por via chimica seja tambem, até certo ponto, variavel.

A percentagem do azoto nos solos augmenta ligeiramente de accordo com o seu poder absorvente para aquelle elemento.

Para o ammoniaco do ar, este poder absorvente augmenta directamente proporcional com o gráo em riqueza do humus e, menor proporção do conteúdo, hydroxido de ferro e de outros compostos mineraes de menor importancia.

Pequenas quantidades de azoto sobre a forma ammonical ou de outros compostos azotados chegam ao solo por meio das aguas das chuvas, mas não é só por estes meios que os solos se enriquecem deste utilissimo e indispensavel elemento.

Generalizando, podemos dizer que o azoto necessario á vida das plantas é tirado tanto do ar como do solo.

Nota-se commumente e com facilidade que a somma total do azoto retirado das colheitas é sempre superior, ou quasi sempre, ao estoque deste elemento existente no solo e que ao

envez de diminuir, aumenta sempre em proporções relativamente consideráveis. As causas deste aumento é que vamos procurar explicar ligeiramente.

Directamente do ar, as plantas absorvem o azoto por meio de microorganismos capazes de assimilal-o e que com ellas vivem em verdadeira symbiose, como tambem pelos bacterios, fungos e algas.

De facto, observando-se uma terra esterelizada a 100 graos a sua proporção em azoto não aumenta, emquanto que em outra da mesma natureza, mas in natura aumenta em média essa proporção de 5 a 10 grammas de azoto para cada 100 kilos de terra.

Estes organismos fixadores de azoto livre da athmosphera se dividem em 2 grandes grupos: os *bacterios radicolos*, que vivem em symbiose nas raizes de algumas plantas superiores, especialmente das leguminosas e os *azoto-bacterios*, que vivem livres nos solos até a profundidade de 1 metro ou pouco mais ou menos.

E' um facto bastante commum a todos os cultivadores de alfafa, que sempre que se faz uma cultura desta planta em solos pobres de microorganismos a sua cultura é mui pouco rendosa e sómente se poderia manter a custa de continuas adubações, o que nem sempre é economico.

Aliás, não são só os microorganismos que influenciam sobre a producção da alfafa, pois a acidez do solo é questão primordial a despeito de haver quem discorde testemunhando cabalmente a falta de conhecimentos rudimentarissimos de bacteriologia e sobre a reacção dos solos.

“Arrhenius, após pesquisar 70.000 amostras de solos na Suecia, mostra, em um quadro a fls. 51 de “Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachs”, 1926, Leipzig, que allí a alfafa só se dá bem quando cultivada em terrenos, cujo indice pH seja 7 — 7,4 e 7,5 — 7,9.”

O enriquecimento dos solos em azoto por microorganismos especificos que nelles vivem foi confirmado apóz a descoberta do *Clostridium pasteurianum* por Winogradsky. Este *Clostridium* em presença de certos hydratos de carbono é capaz de assimilar energicamente o azoto elementar e sendo anaerobio é capaz tambem de vegetar em culturas aerobias,

uma vez que se ache em presença de outros bacterios fixadores de azoto livre, aerobios.

E' este microorganismo um fermento butyrico, pois quando se aproxima a sua esporificação, tratado com iodo se collo-re em violeta como todos os bacterios que têm a propriedade de determinar a fermentação butyrica.

Alem do *C. pasteurianum*, é preciso salientar o papel nos solos do *Clostridium americanum* descoberto pouco tempo depois por Pringhein e as variedades do *Bacillus asterosporus*, distinguidas por Beijerinck com os nomes de *Granulo bacter*, *Polimixa* e *Sphaerium rectae*, os quaes fixam mais ou menos 3 milligrammas de azoto por gramma de dextrose decomposta, e os *Amilobacterios* em numero bastante respeitado.

Os fixadores de azoto mais activos no entretanto são os *Azoto-bacterios* que são aerobios e não esporificam.

Dentre elles os mais notaveis são o *A. chroococum* o mais diffuso nos solos e mui pouco movel e o *A. agilis* que tambem é frequente nos solos e nas aguas, e é ao contrario do outro, muito movel.

Para que os microorganismos lembrados possam assimilar o azoto elementar, é necessario que sejam bem alimentados e que não lhes falem a cal, o acido phosphorico, o potassio e uma reacção do solo favoravel.

E' um facto hoje comprovado que a reacção do solo tem capitalissima importancia sobre a vida dos bacterios e consequentemente sobre a fixação do azoto e bom desenvolvimento dos alfafaes como de toda e qualquer planta.

Emquanto que um solo acido favorece o de. envolvimento dos fungos, os microorganismos beneficos se dão bem, proximo da neutralidade.

No geral os actinomycetos preferem uma reacção equivalente a pH 7 — 7,5, os bacterios e protozoarios entre 6 e 7 e os fungos entre 4 e 4,5.

Pelo diagramma ao lado nota-se claramente a influencia da acidez dos solos sobre a fixação do azoto esta augmenta com o decrescimo da acidez expressa em pH.

Os que se interessarem pelo assumpto devem consultar Krishna, Soil reaction an nitrogen fixation, Jour. Amer. Soc. Agronom; 20, pp. 515 - 518, 1928.

As algas humícolas favorecem a fixação do azoto elementar no solo, porque fornecem aos microorganismos os alimentos assucarados ou outras substancias ao passo que recebem dos bacterios as substancias azotadas necessarias para o seu desenvolvimento; é o caso do *Nostoc pontiforme* e das *Laminarias* que vivem em associações com os azotobacterios, dando-lhes as substancias assucaradas e recebendo em troca as substancias azotadas.

Apparecem depois as *Algas* e *Mucedineas* que tambem fixam o azoto elementar do ar sómente em presença de outras bacterias em culturas impuras, pois que nas culturas puras ou em arêa esterelizada ellas não fixam o azoto livre.

Com o concurso de microorganismos do solo, as algas produzem um hydrato de carbono e os bacterios com que vivem em symbiose, fixam o azoto, como vimos acima.

Volvamos agora a nossa atenção para o grupo dos *Bacillos Radicolos* que vivem em verdadeira symbiose com as raizes das leguminosas.

Desde muito tempo é sabido que o solo cultivado com leguminosas fica mais rico de substancias azotadas, tornando-se mais apto a cultura de outras plantas, maximé os cereaes.

Este facto, foi primeiro attribuido a uma faculdade especial das folhas destas plantas em fixar o azoto elementar do ar, mas os estudos posteriores demonstraram que o poder de absorver o azoto atmosferico reside nas raizes das leguminosas e, precisamente nos tuberculos ou nodulos tuberiformes que ahi apresentam.

A forma dos tuberculos é variadissima nas diferentes especies de leguminosas mas a propriedade de assimilar o azoto elementar do ar não é propriamente dos tuberculos e sim dos bacterios que os mesmos encerram.

De facto, os tuberculos, comquanto fechados contém numerosos bacterios nas cellulas do tecido molle que constitue a sua parte preponderante. O *B. radicola* penetra directamente, atravez das paredes das cellulas periphericas das raizes não suberificadas, multiplicando-se a custa do conteúdo protoplasmico.

A sua entrada, suppõe-se, se dá justamente depois que

passa o periodo da fome de azoto, em que as plantas amarelecem parecendo que vão morrer, sendo que o ponto de penetração do bacterio é de todo indifferente porque o tuberculo ora se forma em frente a um feixe lenhoso, ora em frente a um feixe liberiano.

As leguminosas fornecem aos bacterios os hydratos de carbono, estes fixam energicamente o azoto elementar do ar atmosferico circulante no solo e fabricam grandes quantidades de mucor albuminoide que depois de digerido é absorvido pelas cellulas vizinhas.

Sabe-se que as leguminosas em terrenos ricos em nitratos não formam o tuberculo enquanto não tiverem gasto todo o nitrato, o que prova que essas plantas podem viver tambem sem os tuberculos uma vez que sejam convenientemente alimentadas.

As leguminosas com tuberculos, porém, tem folhas maiores e mais verdes do que as outras alimentadas artificialmente e attingem um desenvolvimento muito maior.

Ora, como os bacterios fornecem o azoto, é necessario dar-se ás leguminosas uma adubação rica em potassio e acido phosphorico.

Faltando estas substancias a formação do tuberculo é prejudicada, porque os bacterios gastam os hydratos de carbono e as substancias mineraes da leguminosa, deixando de fixar o azoto elementar. A cal tambem tem sobre a fixação do azoto uma capital influencia porque contraria a acidez dos solos.

Gozando o hydrato de ferro de uma alta capacidade de adsorpção, póde tambem fixar o azoto nos solos e retendo-o ao redor das suas particulas augmentar o seu teor neste elemento.

Sobre o enriquecimento dos solos em azoto, tambem a circulação dos saes nos solos tem influencia móormente quando a falta de chuvas prolongadas obriga a solução salina dos solos concentrar-se e pela evaporação, auxiliada pela capillaridade, conduzir á superficie os saes que pelas lavagens foram arrastados para as camadas profundas do solo. E' visivel o augmento da percentagem de azoto nas nossas terras após uma secca muito prolongada, a ponto de se dizer "que uma secca dura-

doura em S. Paulo corresponde a uma adubação azotada, embora fraca”.

Não é somente sob a forma elementar que o azoto do ar é absorvido pelas plantas: elle póde ainda ser fixado sob a forma nítrica em que sempre se encontra embora em minimas quantidades na atmosphaera, e que é continuamente arrastado aos solos pelas aguas das chuvas. O mesmo acontece com o azoto na forma ammoniacal que se encontra tambem em pequena proporção no ar, geralmente sob a forma de carbonato de ammoneo.

Isto que antigamente se julgava impossivel, hoje se demonstra facilmente, embóra se saiba que a fixação do azoto ammoniacal sem prévia nitrificação se dê em quantidade relativamente pequena.

Demonstra-se por meio de soluções mineraes que o ammoniaco pode ser assimilado pelas plantas, desde que se tenha o cuidado de evitar a oxydação rapida do ammoniaco em nitratos sob a acção dos fermentos nítricos.

Não sendo evitada tal oxydação, quando se emprega um adubo ammoniacal elle soffre transformações taes que acaba por ser inteiramente assimilado, mas na forma de nitratos.

Os numeros abaixo, obtidos por Schloesing, fallam bem alto a este respeito. O ammoniaco foi dado na forma de uma solução fraca de carbonato de ammonæo e as plantas guardadas sob campanulas de vidro.

	Azoto em 100 partes de materias seccas	
	N. ^o 1	N. ^o 2
	Atmosphera ammoniacal	A. sem ammoniaco
Folhas	3,18	2,62
Caules	2,08	1,62
Raizes	1,33	1,09
Total	6,59	5,33

Experiencias tambem bastante comprobatorias a respeito da fixação do azoto ammoniacal pelas plantas é a de Muntz.

Elle tomava terra de campo, lavava perfeitamente para eliminar os nitratos, e em seguida addicionava sulfato de ammoneo; collocava tudo em grandes potes que eram aquecidos

a 100 graos ou pouco mais para destruir alguns bacterios nitrificadores que por acaso houvessem no solo.

Para impedir a infecção da terra collocava na bocca dos potes um dispositivo especial formado de gaiolas com paredes, umas vidradas e outras com glicerina de tal modo que impedindo a infecção permittia a passagem de ar, interceptando toda e qualquer substancia extranha. Esterilisava as sementes com agua quente e regava os vasos diariamente tambem com agua distillada, perfeitamente esterelisada. Notou que as plantas se desenvolviam com a maxima normalidade e no fim da experiencia, fazendo analyses de azoto nitrico nas terras não achou em uma siquer, nem traços desse elemento. Prova evidente de que as plantas pôdem perfeitamente assimilar o azoto na forma ammoniacal.

Verdade é que na pratica é um facto de minima importancia porque nos solos ninguem vae cogitar de impedir que a terra se infeccione e todo adubo nella collocado em forma de azoto tende a finalizar na forma de nitratos soluveis.

Repetidas as experiencias de Kuntz por Winogradsky com arêa perfeitamente calcinada e com soluções nutritivas estereis, emfim com a maxima asepsia que o caso requeria, os resultados colhidos foram perfeitamente identicos.

Encorporado o azoto á planta vae mais tarde cooperar para a formação das substancias proteicas e consequentemente, ter papel de relevada importancia na formação das albuminas.

Esta é a primeira fonte de azoto ; o ar atmospherico.

Outra fonte de não menos importancia é o solo, de onde as plantas absorvem o azoto tanto na forma nitrica, como na ammoniacal em minimas quantidades e como amidas e aminas.

E' sem duvida importantissimo o modo de alimentação dos vegetaes a partir dos nitratos.

A formação dos nitratos nos solos é conhecida ha muito tempo sabendo-se ser devida a microorganismos aerobios e que a má aeração, extremos de temperatura, presença de substancias nocivas e falta de substancias alimenticias a impedem.

Ella se deve principalmente a bacterios nitrificantes especiaes e o phenomeno se dá por assim dizer em trez phases,

Em primeiro logar dá-se a ammonização, que é a passagem do azoto organico a azoto ammoniacal, sempre acompanhado por uma oxydação das materias carbonadas com eliminação de anhydrido carbonico. Esta primeira phase não é especifica pois que mais ou menos 83 ou 84 especies de bacterios dos solos podem executa-la.

Em segundo, logar existem em todos os solos humidos ou um pouco frios, bacterios dos quaes alguns são moveis como as *Nitrosomonas européa* e *javanensis* ou *javanica* e outros immoveis como os *Nitrosococcus (brasiliensis)* que oxydam o ammoniaco formando nitritos. E' a phase caracteristica da nitrificação.

Todos estes organismos nitrificantes não se pódem cultivar sobre a gelatina ou sobre o agar-agar, porque estas substancias organicas são venenosas para elles.

Solubilizados os nitratos dos solos pelas aguas das chuvas elles são absorvidos pelas raizes das plantas, accumulando-se de preferencia no caule das mesmas e em certas plantas em tão grandes quantidades, que seccas e perto do fogo queimam como se tivessem sido previamente impregnadas de polvora, como é o caso do borragio.

Em escala descendente o azoto accumula-se no interior da planta no caule, raizes e folhas.

E' uma coisa bastante razoavel porquanto é nas folhas que se dá a transformação natural em nitratos pelos artificios que empregamos em laboratorios, como já dissemos atraz.

E' justamente devido a este facto que normalmente as plantas não absorvem o azoto do solo na forma ammoniacal, pois um sal de ammoneo nos solos mais cedo ou mais tarde é inteiramente convertido em sal nitrico.

Quanto ás aminas e amidas só pódem ser utilizadas sem risco para a planta quando ligadas a radicaes simples.

Toda amina de peso mollecular pequeno é bom alimento, mas as aminas cyclicas como é o caso da anilina, não são usadas porque são venenosas.

Um caso em que a planta se utiliza sem risco algum é o da methylamina $\text{CH}_3. \text{NH}_2$.

Com as amidas acontece coisa semelhante: a acetamida e a propanamida podem ser utilizadas, mas em se tratando das amidas aromaticas, precisam ser postas de lado por constituirem um formidavel toxico para o organismo vegetal.