



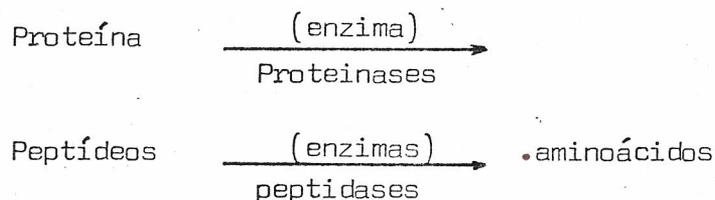
Proteínas, um constituinte de todas células vivas, são a maioria dos complexos de substância nitrogenadas, e sua degradação, é o início do processo para liberação de nitrogênio da matéria orgânica do solo.

## TRANSFORMAÇÕES BIOLÓGICAS DO NITROGÊNIO NO SOLO

### 1. Proteólise

A degradação de proteínas é acompanhada de microorganismos que elaboram proteínases extracelular que converte a proteína em unidades menores de aminoácidos (peptídeos). Estes são atacados pelas peptidases, transformando-os ultimamente em aminoácidos individuais.

Reação sumarizada:



Relativamente poucas espécies de bactérias elaboram enzimas proteolíticas. Ex. algumas espécies dos generos: *Clostridium*, *Proteus*, *Pseudomonas* e *Bacillus*. Mas muitos fungos e Actinomyces são extremamente proteolíticos.

### 2. Amonificação

O produto final da proteólise consiste de uma mistura de aminoácidos.

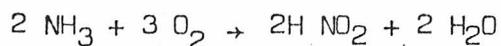
Através de reações de desaminação, um dos produtos finais, é sempre amônia (NH<sub>3</sub>), e este processo chama-se amonificação. Essa amônia pode ser acumulada ou utilizada pela planta, e sob condições favoráveis, é oxidada a nitratos.

### 3. Nitrificação

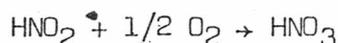
É o processo de oxidação da amônia a nitrato. É um processo extremamente importante do ponto de vista de fertilidade do solo, pois o resultado final (formação de nitrato) confere ao solo a forma de nitrogênio mais disponível para as plantas.

A nitrificação ocorre em dois estágios:

- a) Oxidação de amônia a nitrito, pelas Nitrosomonas.



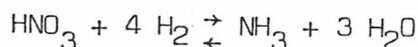
b) Oxidação de nitrito a nitrato, pelas Nitrobacter



#### 4. Redução de nitrato a amônia

Várias bactérias heterotróficas podem reverter o processo de nitrificação, convertendo, nitrato a amônia.

O processo envolve várias reações e como resultado têm-se:



#### 5. Denitrificação

Certos microorganismos são capazes de transformar nitratos a  $\text{N}_2$  ou  $\text{N}_2\text{O}$ , promovendo assim perda de nitrogênio do solo.

Alguns dos microorganismos envolvidos são: *Thiobacillus denitrificans*, *Micrococcus denitrificans* e algumas espécies dos generos *Serratia*, *Pseudomonas*, etc.

#### FORMAS DE NITROGÊNIO DISPONÍVEL E A ABSORÇÃO

Nitrogênio disponível pode ser definido como o nitrogênio em uma forma química que pode ser realmente absorvida pelas raízes das plantas.

Os processos principais que suprem o solo com nitrogênio disponível são:

Matéria orgânica, adição de fertilizantes e fixação biológica.

As formas mais importantes de nitrogênio disponível para as plantas são:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e certos compostos orgânicos que contêm grupos amida ou amina livres.

As plantas podem usualmente utilizar quaisquer dessas formas, embora existam exceções. Uma forma pode ser preferencialmente absorvida, em função do ambiente, espécie, idade das plantas e fertilidade do solo. Mas o  $\text{NO}_3^-$  devido ao processo de nitrificação e menor reação com o mineral de argila, praticamente todo ele que aparece na zona da raiz é disponível, por isso a forma nítrica geralmente é a mais absorvida pelos vegetais.

## I - FIXAÇÃO QUÍMICA - ADIÇÃO DE FERTILIZANTES

Alguns adubos nitrogenados e sua dinâmica no soloA. Salitre do Chile ( $\text{NaNO}_3$ )

O seu nitrogênio estando na forma aniônica ( $\text{NO}_3^-$ ) é pouco retido pelas partículas coloidais do solo. Por isso perda por lixiviação facilmente ocorre, principalmente em solos arenosos. E também, como todos adubos nítricos, pode ocorrer perda pelo processo de desnitrificação quando sob condições favoráveis.

O nitrato de sódio é um sal neutro mas se comporta fisiologicamente como alcalina, podendo por isso diminuir em parte a acidez do solo. A alcalinidade de 100 kg de nitrato de sódio é equivalente a 29 kg de cálcio  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ .

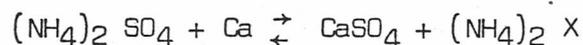
B. Sulfato de amônio  $(+\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ 

O nitrogênio amoniacal é carregado positivamente e pode ser atraído pelas partículas negativas do complexo coloidal do solo, atenuando sua perda por lixiviação. Em condições de terreno úmido, suficientemente quente e reações neutras ou não muito ácidas, o nitrogênio do sulfato de amônio é nitrificado em poucos dias ou semanas.

Por outro lado sob certas condições, perde-se facilmente por volatilização o que pode representar até 25% do nitrogênio aplicado ou formado pela decomposição da matéria orgânica. E aumenta com a temperatura, sendo tanto maior, quanto mais grosseira a textura do terreno e quanto mais seco.

Essa perda pode ser drasticamente diminuída quando o adubo é misturado com o solo.

O sulfato de amônio, como os outros amoniacais é fisiologicamente ácido e promove determinada acidez no solo. O cation sofre reação de troca de bases, com o complexo coloidal representado por  $\text{CaX}$ , onde  $\text{Ca}$  representa os vários cations combinados com o Micela X; como mostra as reações:



nitrrificação



A acidez só ocorre após a nitrificação e é devido a formação de ácidos bibásicos e não pela formação  $H_2SO_4$ . A acidez acarretada pela aplicação de 100 kg de sulfato de amônio, exige 140 kg de carbonato de cálcio para ser anulada.

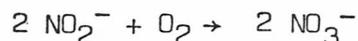
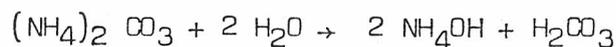
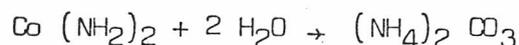
### C. Nitrato de amônio ( $NH_4NO_3$ )

Constituído pelas duas formas,  $NO_3^-$  e  $NH_4^+$ , (metada de cada). O  $NO_3^-$  é prontamente absorvido pelas plantas, enquanto o  $NH_4^+$  retido nos colóides é pouco lavado, e por isso, poderá ser utilizado posteriormente; quer como  $NH_4^+$  ou após, a nitrificação como  $NO_3^-$ .

Os solos tendem a tornar-se ácidos com o uso de nitrato de amônia. Aplicação de 100 kg de adubo exige 60 kg de  $CaCO_3$  para sua neutralização.

### D. Uréia

No solo a uréia sofre transformações que levam eventualmente a conversão de seu N anídrico em nítrico (reações abaixo). Por isso é pouco provável que embora prontamente solúvel, na umidade do solo, ela seja absorvida em quantidades apreciáveis pelas culturas, na sua forma original.



A primeira transformação é importante para evitar sua lavagem. Inicialmente seu efeito é alcalinidade, e depois, pela nitrificação, aumenta a acidez do solo. A aplicação de 100 kg de uréia, exige 75 kg de  $CaCO_3$  para sua neutralização.

### RESPOSTAS A ADUBAÇÃO NITROGENADA

A resposta da cultura do milho a aplicação de nitrogênio é generalizada, embora a intensidade de resposta seja muito variável, em função de local, clima, nível de fertilidade e tipo de solo, sistemas de manejo, cultivar e idade da planta. Se necessário, a aplicação de nitrogênio em

cobertura pôde ser feita até o início do estágio de florescimento, sem risco de diminuir sua eficiência.

## II - FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO ATMOSFÉRICO

O uso de fertilizante mineral como fonte de nitrogênio para as culturas apresenta uma série de limitações. O alto custo é a mais importante delas, principalmente nos países que usualmente importam o produto. E ainda, a aplicação de quantidade adequada para máxima produção considerando seu uso ineficiente pelas culturas, quando em altas doses, o nitrogênio torna-se um poluente, devido ao excesso de nitratos e nitritos que são lavados. O processo de lavagem é aumentado pelas chuvas pesadas e erosão intensiva especialmente nos trópicos onde o potencial para aumento da produção pela adição nitrogênio mineral, existe.

Em contraste, sistemas biológicos fixam o nitrogênio atmosférico sem nenhum custo econômico e em níveis que permitem sua incorporação na planta. A enzima fixadora de nitrogênio, nitrogenase, é reprimida pelo produto final, a amônia, e também indiretamente pelo nitrato, tornando-se um sistema auto-regulador portanto, sem nenhum risco ecológico.

Dentro desses princípios, pesquisa sobre o aproveitamento de nitrogênio atmosférico por fonte biológica tem sido de extrema importância. Resultados obtidos têm mostrado que algumas cultivares de milho, sorgo e milheto, sob condições ainda não bem definidas, podem fixar consideráveis quantidades de nitrogênio por hectare e por dia. E esta fixação pode ser aumentada com herbicidas, fósforo e calagem. Este último principalmente em solo sob cerrado. Os resultados abrem perspectivas de se obter materiais com menor exigência de nitrogênio químico na adubação. Embora essa prática exija ainda melhor compreensão da associação planta - *Azospirillum* sp (bactéria maior responsável pela fixação em gramíneas), e de seus fatores limitantes, substancial redução nos custos para o agricultor pode ser esperada.

## REFERÊNCIAS

- ABRANTES, G.T.V.; DAY, J.M. and DOBEREINER, J. Methods for the study of nitrogenase activity in field grown grasses. Buel Int. Biol. Soc. Lyon nº 21, 1972, p. 1-7
- BARTHOLOMEW, W.V. Soil nitrogen. Raleigh, Nort Carolina State University, 1972. 78 p. (Bull. Tec. b).
- BARTHOLOMEW, W.V. and CLARK, F.E. Soil nitrogen. American Soc. of Agron. Ser Agron., 10 Wisconsin, 1965 615 p.
- BULLOW, J.F.W. Von, e DOBEREINER, J. Potential for Nitrogen Fixation in Maize Genotypes in Brazil. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 72:2389 - 2393. 1975.
- DOBEREINER, J. Non. Symbiotic nitrogen fixation in tropical soils. Pesq. Agropec. Bras. 3, 1-6, 1968.
- DOBEREINER, J., DAY, J.M. and DART, P.J. Nitrogenase activity and oxigen sensitivity of the *Paspalum notatum*-*Azotobacter paspali* association. J. gen. Microbiol. 71, 103-116. 1972.
- DOBEREINER, J. and DAY, J.M. Nitrogen fixation in the rhizosphere of tropical grasses. A. Conference "Nitrogen Fixation and the Biosphere", Edinburch. (Ed. W.D.P. Stewart) vol. 1, in Press. 1973.
- HARDY, R.W.F., BURNS, R.C. and HOLSTEN, R.D. "Applications of the acetylene ethylene assay for measurement of nitrogen fixation", Soil Biol. Biochem. 5, 47-81. 1973.
- MALAVOLTA, E. Manual de Química Agrícola. Adubos nitrogenados. São Paulo. p. 11-51. 1967.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - SUPLAN, Produção e Abastecimento Perspectivas e Proposições 1975/76 - milho, Brasília, 1975.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - SUPLANT, Produção e Abastecimento Perspectivas e Proposições 1975/76 - milho, Brasília, 1975.

## OBSERVAÇÃO

Os fertilizantes e os corretivos mencionados nas tabelas de conversão são aqueles de uso mais generalizado. Dependendo das condições locais de cada interessado outros poderão ser utilizados, desde que consideradas as suas percentagens de elementos fertilizantes ( $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ).

Tabela de conversão para a adubação nitrogenada ( $N$ )

Adubos que poderão ser utilizados	Adubação indicada em quilos de $N$ por ha						
	15	20	30	45	60	80	100
	Correspondem as seguintes quant. de adubos						
Nitrato de Sódio (15,8%)	97	129	194	290	387	514	645
Sulfato de Amônio (20%)	75	100	150	225	300	400	500
Nitrocálcio (20,8%)	73	97	146	219	292	390	487
Uréia (48%)	33	44	66	99	133	178	222

Tabela de conversão para adubação fosfatada ( $P_2O_5$ )

Adubos que poderão ser utilizados	Adubação indicada em kg de $P_2O_5$ por ha						
	40	50	60	80	100	120	140
	Correspondem as seguintes quant. de adubos						
Superfosfato simples (20%)	200	250	300	400	500	600	700
Superfosfato triplo (48%)	90	111	133	178	222	226	310

Tabela de conversão para adubação potássica ( $K_2O$ )

Adubos que poderão ser utilizados	Adubação indicada em quilos de $K_2O$ por ha							
	20	30	40	50	60	70	80	100
	Correspondem as seguintes quant. de adubos							
Cloreto de Potássio (60%)	33	50	66	83	100	116	133	166
Sulfato de Potássio (50%)	40	60	80	100	120	140	160	200