

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

Alguns aspectos de fertilidade do solo relacionados com a prática de adubação:

Clementino Marcos Batista de Faria^{1/}

^{1/} Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA - C.P. 23 - Petrolina-PE.

CONCEITO E IMPORTÂNCIA DO SOLO PARA AGRICULTURA

O solo sob o ponto de vista agrícola, pode ser considerado como uma mistura de materiais minerais e orgânicos da superfície da terra que serve de ambiente para o crescimento das plantas.

O solo contribui com 5% para composição química total da planta, fornecendo-lhe diretamente os nutrientes nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, manganês, boro, cobre, molibdênio e cloro. O carbono, oxigênio e hidrogênio completam o restante e são fornecidos pela atmosfera e a água (ALVIN, 1972). Embora o solo participe apenas com esta pequena percentagem. Porém esta é uma quantidade sem a qual a planta não pode sobreviver e entre os outros meios, atmosfera e água, fornecedores de nutrientes, o solo é o que se torna mais fácil para o homem interferir de modo a propiciar melhores condições para o desenvolvimento das culturas.

Além de fornecer nutrientes, o solo armazena água e ar para utilização das plantas e serve como meio de sustentação destas.

FERTILIDADE DO SOLO, CONCEITOS

Fertilidade do solo é a capacidade que um solo tem de liberar nutrientes para as plantas.

Solo Fértil - é o que contém em quantidade^s suficientes e balanceadas, todos os nutrientes essenciais em forma^s disponíveis para as plantas.

Solo produtivo - é aquele que além de ser fértil, possui boas características físicas e encontra-se localizado em uma região de boas condições climáticas para o crescimento das plantas.

COMPOSIÇÃO DO SOLO

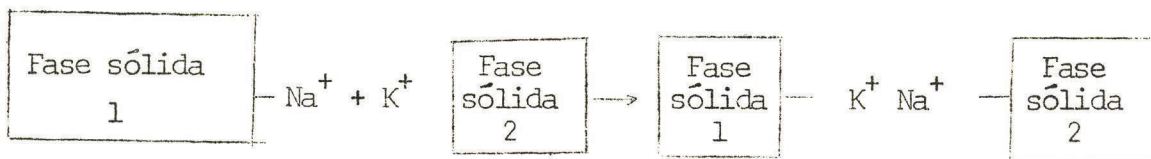
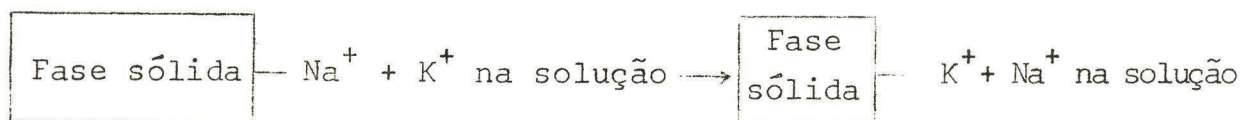
O solo é constituído de quatro componentes principais: material mineral, material orgânico, água e ar. A proporção de cada um desses componentes varia de solo para solo. Segundo BUCKMAN & BRADY (1974) um solo ideal para o desenvolvimento das plantas, seria o solo que apresentasse 45% da parte mineral, 5% da parte orgânica, 25% da parte gasosa e 25% da parte líquida.

A parte mineral é constituída de partículas unitárias originadas do intemperismo das rochas, de variáveis tamanhos. Conforme o tamanho, essas partículas são chamadas de argilas (partículas menores que 0,002 mm), silte (partículas entre 0,002 a 0,02 mm, areia (partículas entre 0,02 a 2,00 mm). Acima de 2,00 mm são chamadas de cascalhos, calhaus e matações.

São nas frações menores, silte e argila, principalmente nesta última, onde se realizam as reações de maior importância para o desenvolvimento das plantas. Para efeito de fertilidade do solo tem-se as fases sólida, líquida e gasosas. A fase sólida corresponde as partes mineral e orgânica do solo. A fase líquida a solução do solo. E a fase gasosa, a parte de ar.

TROCA IÔNICA

"A troca iônica é o processo reversível pelo qual ions retidos na superfície de uma fase sólida são substituídas por quantidade equivalente de outros ions, quer estejam estes em solução numa fase líquida, quer estejam ligados a outra fase sólida, em contato com a primeira" (WUTKE & CAMARGO, 1975).



A troca iônica é tida como o fenômeno da maior importância que ocorre no solo para os processos de nutrição vegetal.

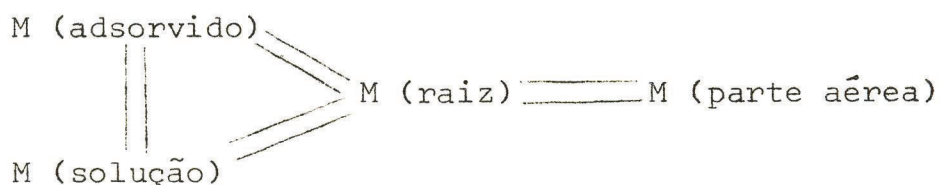
A troca ou adsorção iônica verifica-se nos componentes com elevada superfície específica, ou seja, que possuem em alto grau de divisão de suas partículas, como as argilas e a matéria orgânica. Para que essa troca iônica ocorra, há necessidade que exista no meio (fase sólida e líquida do solo) cargas elétricas livres e ions trocáveis.

No solo os ions trocáveis mais importantes são os cations, Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ , Na^+ e NH_4^+ e os anions SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} e HCO_3^- . Estes ions encontram-se na fase líquida do solo ou adsorvidos na superfície da fase sólida.

As cargas elétricas existem na superfície da fase sólida do solo e podem ser negativas e positivas. Geralmente há uma superioridade muito grande do número de cargas negativas sobre o de cargas positivas.

DISPONIBILIDADE DOS DOS NUTRIENTES NO SOLO

Os nutrientes encontram-se no solo como constituintes da fase sólida, adsorvidos na fase sólida e dissolvidos na solução do solo. Os nutrientes dissolvidos na solução e uma parte dos nutrientes adsorvidos são tidos como formas disponíveis para as plantas, como ilustra o esquema seguinte:



onde o M, representa o ion transportado.

Essas formas disponíveis, comportam-se como cátions e ânions dispersas no meio (fase sólida e líquida do solo).

Como a maioria das cargas elétricas do solo são negativas, há uma tendência dos nutrientes que estão sob a forma de cations, como o K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , ficarem adsorvidos (retidos) nas superfícies adsorventes do solo e serem pouco móveis. Ao contrário, os nutrientes sob a forma de ânions, como NO_3^- , Cl^- , BO_4^{3-} , são bastante móveis porque a maior parte encontra-se na fase líquida do solo. O fósforo apesar de se comportar como anion, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , constitue uma exceção, sendo um dos nutrientes menos móvel no solo. Esse fato verifica-se porque, além do fósforo ser adsorvido pelas poucas cargas positivas existentes no solo, ele reage com alguns cations livres na solução do solo, como o Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , formando compostos e em seguida precipitando-se.

Quando se adiciona fertilizantes ao solo, eles se dissolvem e se dividem em ions positivos e negativos.

Alguns fatores podem alterar a disponibilidade dos nutrientes no solo. A adição de fertilizantes tende a aumentar a concentração de nutrientes na solução, enquanto que a exploração contínua do solo pela planta, tende a diminuir o nutriente na solução. O déficit de umidade no solo diminui a solubilidade dos nutrientes no solo.

O pH do solo é outro fator que também interfere na disponibilidade dos nutrientes (WUTKE). Em pH baixo diminui a disponibilidade do nitrogênio, fósforo, enxofre, molibdênio e aumenta a disponibilidade de do ferro, manganês, cobre, zinco. Em pH alto, acima de 7,5, diminui a disponibilidade do fósforo e boro. O potássio, cálcio, magnésio e cloro não são influenciados diretamente pelo pH.

O equilíbrio das formas disponíveis são mais facilmente alterados nos solos arenosos e/ou pobres em matéria orgânica do que nos solos argilosos e/ou ricos em matéria orgânica.

NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NO SOLO

Nitrogênio no solo: A fonte principal desse nutriente na natureza é o ar. A atmosfera contém cerca de 78% de N_2 , (EPSTEIN, 1975). Para que esse nitrogênio elementar torne-se disponível para as plantas, ele passa pelos seguintes processos:

- 1 - Fixação - Essa fixação se dá pelos microorganismos livres e os que vivem em simbiose com as plantas.
- 2 - Decomposição dos microorganismos - Quando os microorganismos morrem, na sua decomposição as proteínas são liberadas que por sua vez liberam os aminoácidos. Em seguida, bactérias amonificantes atacam os aminoácidos, os quais liberam os grupos aminos em forma dos ions amônios (NH_4^+). É o processo chamado de mineralização. Nesta forma de amônio, o nitrogênio já é absorvido pelas plantas.
- 3 - Nitrificação - O ion NH_4^+ é convertido (oxidado) para nitrito (NO_2^-) e logo em seguinte para nitrato (NO_3^-) por bactérias autotróficas do gênero nitrosomonas e nitrobacter, respectivamente. Essas outras duas formas, NO_2^- e NO_3^- são também absorvidas pelas plantas.

Termina então, os processos pelos quais o nitrogênio em sua forma elementar, torna-se disponíveis para as plantas.

Essas formas, NH_4^+ , NO_2^- e NO_3^- , além de poderem ser absorvidas pelas plantas podem tomar outros destinos;

Do NH_4^+ (amônio):

- 1 - Ser absorvido pelos microorganismos do solo, é o processo chamado imobilização.
- 2 - Ser adsorvido pelo solo.
- 3 - Ser fixado pelas argilas do tipo 2:1
- 4 - Ser convertido a NO_2^- e a NO_3^- (oxidação)
- 5 - Ser perdido para atmosfera em forma de amônio (NH_3)

Do NO_3^- (nitrato):

- 1 - Ser absorvido pelos microorganismos do solo (imobilização)
- 2 - Ser lixiviado
- 3 - Ser volatilizado, quando ocorre o processo de desnitrificação que é a redução do NO_3^- para formas gasosas, óxido nítrico (N_2O), óxido nítrico, (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2) e nitrogênio elementar (N_2).

As mudanças nas formas do nitrogênio no solo, estão muito influenciadas pelas condições de umidade, aeração e temperatura do solo, assim como pela relação carbono/nitrogênio da matéria orgânica. Em condições de temperatura e umidade solo altas aumenta a decomposição da m. orgânica. A relação C/N alta dificulta a decomposição da matéria orgânica.

A quantidade de nitrogênio orgânico sempre representa a maior percentagem. E das formas minerais, é o nitrato NO_3^- ; que contribui com a maior parte (BLACK, 1968). A concentração do nitrato na solução do solo pode chegar a valores bastante alto, como 80 ppm, o que explica a grande mobilidade do nitrogênio no solo e sua facilidade de se perder por lixiviação.

Fósforo no solo - Como fonte natural de fósforo no solo, temos a matéria orgânica e os minerais. Dos minerais, pode-se citar as apatitas, que são fosfatos de cálcio, a varicita que é fosfato de alumínio e a strengita, que é o fosfato de ferro.

Quando o fósforo solúvel dos fertilizantes é adicionado ao solo, uma grande parte é logo adsorvida pelo solo e o restante fica na solução do solo que é então disponível para a planta. O teor do

fósforo na solução do solo é muito baixo, variando de 0,01 - 0,1 ppm (BLACK, 1968), razão pela qual ele é pouco móvel no solo e não se perde por lixiviação e tem um efeito residual muito grande.

A medida que a planta retira o fósforo da solução do solo ele é renovado com bastante velocidade pelas formas de fósforo adsorvidas.

O teor de fósforo que as análises de solo oferece, refere-se exatamente ao P-solução mais uma grande parte do P-adsorvido.

Potássio no solo - As fontes naturais do potássio no solo, é também a matéria orgânica e os minerais. Dos minerais, pode-se citar os feldspatos potássicos, a biotita, a muscovita e illita.

O potássio encontra-se no solo sob as formas de potássio solúvel, potássio adsorvido e potássio estrutural.

Entre essas formas existe um equilíbrio dinâmico, ou seja, a medida que o K-solúvel está sendo liberado para as plantas, está havendo uma renovação de seu teor pelas outras formas.

Além do K-solúvel, o K-adsorvido pode ser diretamente assimilável pela planta pelo mecanismo de troca.

O teor de K na solução do solo é de 2 a 6 ppm, (BLACK 1968), sendo assim bem menor do que o de nitrogênio, porém maior do que o de fósforo. Conclui-se portanto, que o potássio já tem uma certa mobilidade no solo e que em certas ocasiões ele pode ser perdido por lixiviação.

Os teores de potássio que as análises do solo oferecem, referem-se ao K-solúvel mais K-adsorvido.

AValiação DA FERTILIDADE DO SOLO

Entre os métodos de avaliar a fertilidade de um solo, os métodos biológicos e químicos são os mais comuns e usados em nosso meio.

Os métodos biológicos constam em se usar a planta como a indicadora da fertilidade através de experimentos realizados em casa de vegetação e em condições de campo. O nível da fertilidade é avaliado pela resposta da planta à adubação empregada e também pela análise química dos tecidos da mesma. Quanto maior for a resposta, menor será o nível da fertilidade para aquela adubação utilizada.

Os métodos químicos, constam em se fazer extrações do solo através de substâncias químicas para determinação dos nutrientes removidos (análise química de solo). Os teores dos nutrientes são comparados com níveis antes conhecidos.

Conceito de nível crítico

Nível crítico de um elemento no solo é aquele nível que serve para separar as probabilidades de resposta da planta às adubações com o referido elemento. Assim, à medida que os valores diminuem em relação ao nível crítico, aumenta a probabilidade da resposta, e à medida que valores tendem a se igualar ou superar o nível crítico diminuem a probabilidade da resposta.

O conhecimento do nível crítico é muito importante para conceituar os teores dos nutrientes em baixo, médio e alto nas análises de solo e para recomendação da adubação.

A determinação do nível crítico é feita através de ensaios de adubação, realizados em condições de campo acompanhados de análise de solo.

ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Expressão dos dados e níveis limitantes

Características ^{1/}	Unidades expressas	Níveis limitantes ^{2/}
pH	(1:1) ou (1:2,5)	5,5
C.E./25°C	mmhos/cm ³	4,00
Al ⁺³	meq/100g	0,30
H ⁺	meq/100g	2,00
Ca ⁺²	meq/100g	1,50
Mg ⁺²	meq/100g	0,50
K ⁺	meq/100g ou ppm	0,15 ou 60
Na ⁺	meq/100g	0,10 ou 0,30
S	meq/100g	2,5
T ou CTC	meq/100g	5,0
V	%	50
P	ppm	10
Mat. orgânica	%	1,6

^{1/} Significado de algumas dessas características que não são muito comuns:

C.E./25°C = condutividade elétrica, representa o índice de salinidade.

S = soma das bases trocáveis ($\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$)

T = capacidade de troca de cátions = bases trocáveis + $\text{Al}^{+3} + \text{H}^{+}$

V = saturação de bases = $\frac{S}{T} \times 100$

2/ Esses níveis limites ^{solos} são apenas para se ter uma idéia porque esses valores podem variar para culturas e solos diferentes.

Transformação de unidades - (ppm, meq/100g, kg/ha)

Um solo tem 0,25 meq/100g de K Para transformar esse dado em ppm e em kg/ha, prossegue-se da seguinte maneira:

Um miliequivalente do potássio é igual a 39 miligramas (tabela periódica dos elementos). Por regra de três, tem-se:

1 _____ 39 mg

0,25 _____ x, donde $x = 9,75 \text{ mg} = 0,00975 \text{ g}$

em 100 g de solo _____ 0,00 975 g de K

em 1 000 000 g de solo _____ x

donde $x = 97,5 \text{ g de K}$

ou seja, o solo tem 97,5 ppm de K

Para transformar esses dados em kg/ha, considera-se

a) área de um hectare = 10000 m^2

b) profundidade da camada arável = 20 cm = 0,2 m

c) volume de um hectare = $10000 \times 0,2 = 2000 \text{ m}^3$

d) densidade aparente = + 1,00

e) peso de um hectare = $2000 \times 1 = 2000 \text{ t} = 2\ 000\ 000 \text{ kg}$

em 1 000 000 kg de solo _____ 97,5 kg de K

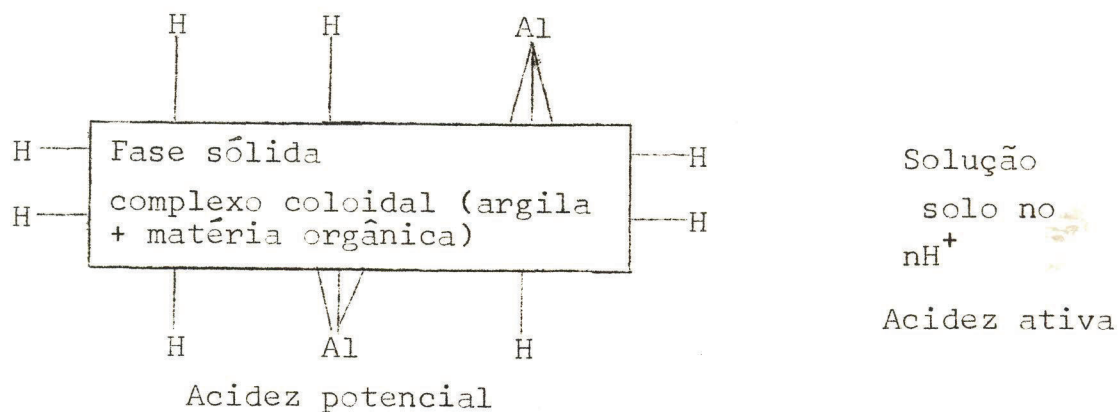
em 2 000 000 kg de solo _____ x, donde $x = 195$, portanto o solo tem aproximadamente em sua cada arável 195 kg de k/ha

ACIDEZ DO SOLO

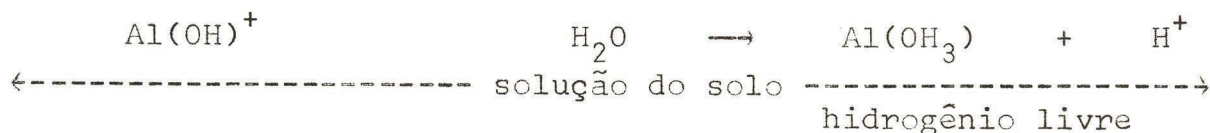
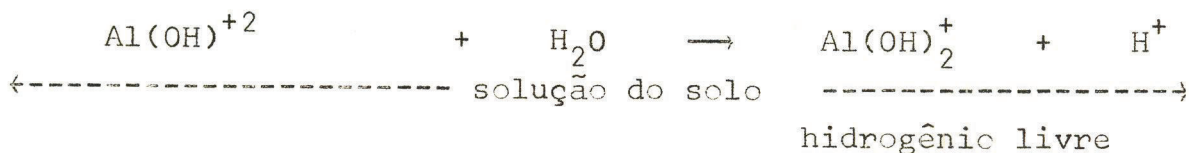
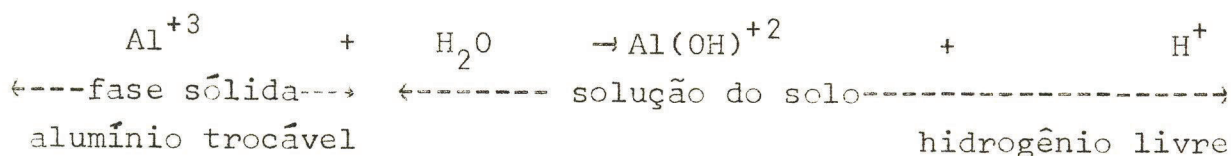
Se diz que um solo é ácido, quando ele apresenta pH baixo. Existem dois tipos de acidez:

1. Acidez ativa ou iônica - É representada pela concentração de ions de hidrogênio, H^+ , livres na solução do solo e é indicada pela determinação do pH.

2. Acidez potencial, de reserva ou trocável - É representada pela quantidade de ions de hidrogênio, H^+ , e alumínio Al^{+3} , adsorvidos na fase sólida do solo.



O alumínio trocável (adsorvido) está estreitamente relacionado com a acidez do solo, como demonstra as reações seguintes:



Essas reações mostram que cada ion de alumínio trocável pode liberar três ions de hidrogênio para solução.

Dessa forma, a concentração de ions de H(acidez ativa) na solução do solo depende da quantidade de ions de H e Al trocáveis adsorvidos (acidez potencial).

A acidez potencial pode ser avaliada nas análises de solo pelas determinações de H e Al trocáveis, expressos em meq/100 g.

A acidez potencial é de maior importância que a acidez ativa.

Correção da acidez

Quando o solo é ácido, há necessidade de fazer sua correção para neutralizar os efeitos tóxicos da acidez à planta. Esta correção é feita mediante a calagem.

Um dos processos mais simples para se calcular a quantidade de calcário a ser adicionada ao solo se baseia nos teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis dados nos resultados das análises de solo.

Este método consiste em duas etapas:

1ª Multiplicar o teor de Al^{+3} por 2

2ª Diminuir a soma dos teores de $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ de 2

A soma dessas duas operações representa a quantidade de calcário ($CaCO_3$ puro) a ser aplicada em t/ha.

Exemplo: Um solo tem os seguintes teores desses elementos:

0,70 meq/100 g de Al^{+3}

1,20 meq/100 g de $Ca^{+2} + Mg^{+2}$

A quantidade de calcário a ser aplicada será:

$$2 \times 0,70 + 2 - 1,20 = 2,20 \text{ t/ha}$$

Em solos argilosos e para culturas de leguminosas recomenda-se multiplicar o teor de Al^{+3} por 3 ao invés de ser por 2.

Qualidade dos calcários: A avaliação da qualidade de um corretivo se baseia na percentagem do conteúdo de cálcio e magnésio e no grau de finura de suas partículas. Quanto mais fino e mais rico em cálcio e magnésio for o calcário maior será sua eficiência na neutralização da acidez.

Considerando a necessidade de calagem do solo do exemplo citado anteriormente, ou seja, 2,20 t de $CaCO_3$ /ha e um calcário comercial que apresenta as seguintes características químicas: 17,2% de CaO e 8,9% MgO , qual será a quantidade real deste corretivo que deverá ser aplicada?

A solução é calcular o valor neutralizante (V.N.) deste calcário, ou seja, transformar os teores de CaO e MgO em $CaCO_3$. Esta operação se baseia nos equivalentes dessas substâncias que são:

$$\text{CaO} = \text{PM} : 2 = 56 : 2 = 28; \text{MgO} = 40 : 2 = 20; \text{CaCO}_3 = 100 : 2 = 50$$

dividindo-se o equivalente do CaCO_3 pelos de CaO e MgO encontram-se os respectivos fatores de conversão para CaCO_3 , assim $50 : 28 = 1,78$; $50 : 20 = 2,5$. O equivalente em CaCO_3 deste calcário será dado pela soma dos produtos dos teores de CaO e MgO multiplicado por seus respectivos coeficientes:

$$\text{Equivalentes em CaCO}_3\% (\text{V.N.}) = (17,2 \times 1,78) + (8,9 \times 2,5) = 52,8\%$$

$$100 \quad 52,8 = 1,89$$

Dessa forma, a quantidade desse calcário a ser aplicado por hectare será $2,20 \times 1,89 = 4,15 \text{ t}$.

Entretanto, se o calcário adquirido já vier acompanhado do valor de seu PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total), se faz a correção baseada neste valor ao invés de se utilizar apenas o V.N.

O PRNT além de se basear na análise química do calcário (V.N.) se baseia também na sua análise física, granulometria, ou seja seu grau de finura, que é expresso em percentagem da eficiência. O PRNT é dado pela fórmula seguinte:

$$\text{PRNT} = \frac{\text{V.N.} \times \% \text{ da eficiência}}{100}$$

Um PRNT é considerado adequado quando é igual a 80%. Caso o PRNT do calcário seja maior ou menor que 80%, multiplica-se a calagem calculada por 80 e divide-se o resultado pelo PRNT do calcário a ser usado.

Considerando-se o exemplo anterior, em que a calagem recomendada foi de 2,20 t/ha e o PRNT do calcário que se dispõe é de 49,7%, a quantidade do calcário a ser usado será igual a

$$\frac{2,20 \times 80}{49,7} = 3,54 \text{ t/ha.}$$

Resultados de experimentos de adubação:

A seguir são dados alguns resultados de experimentos de adubação para se ter noção do efeito desta prática sobre a produção de algumas culturas no Nordeste (Fig. 1, Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Resposta aos fertilizantes, doses econômicas e incremento na produtividade do milho para os dados de 1977. (CPATSA, 1978).

Locais (Experimentos)	Resposta ^{1/} aos Fertilizantes				Doses econômicas (kg/ha)			Produção (t/ha) ^{2/}			C.V. (%)
	N	P	K	Cal	N	P ₂ O ₅	(1)	(2)	(3)		
D. Pedro-MA	-	x	-	-	-	30	6,14	7,51	122	16,4	
Codô-MA	x	x	-	-	0	0	0,47	-	-	28,2	
Teresina-PI	x	-	-	-	77	-	0,51	1,91	374	31,9	
Picos-PI	x	-	-	-	(*)	-	3,79	-	-	26,7	
Oeiras-PI	x	-	-	-	(*)	-	2,70	-	-	21,9	
Missão Velha-CE	x	-	-	-	(*)	-	1,79	-	-	21,3	
Açu-RN	x	-	-	-	78	-	1,21	2,97	245	25,3	
Marc. Vieira-RN	x	x	-	-	103	(*)	2,27	5,90	260	22,5	
Alagoinha-BA	x	x	-	-	(*)	67	1,82	2,80	154	32,5	
Itaporanga-PB	x	-	-	-	124	-	1,48	4,33	292	22,6	
Tabira-PE	x	x	-	-	(*)	72	1,94	2,97	153	17,5	
Barreiras-BA	x	-	-	-	(*)	-	3,30	-	-	16,2	
Igaci-AL	x	x	-	-	125	(*)	0,73	4,66	638	15,5	
S. do Ipanema-AL	x	-	-	-	139	-	0,35	3,71	1.062	25,4	

^{1/} A resposta aos nutrientes N e P foram verificados mediante o teste F a 5% e para K e calagem pelo teste de Tukey a 5% através do contraste das médias.

^{2/} Na coluna (1) refere-se à produção da testemunha, na (2) à produção com o uso das doses econômicas e, na (3) à produção da coluna (2) em relação de percentagem à produção da coluna (1).

(*) Houve falta de ajustamento dos dados à equação quadrática.

Tabela 2. Aumento de renda bruta (Cr\$/ha) obtido com a exploração de milho e feijão (Phaseolus vulgaris L.) devido a 3 passos individuais x 3 passos combinados, Filadelfia, 1978. (CPATSA, 1978).

Tratamentos	Variedades	Adubação ^{1/}	Manejo de solo e Cultura	Renda bruta		Aumento sobre o Tratamento 1	
				Milho	Feijão	Milho	Feijão
1	Local	Local	Local	2.486	5.955	-	-
5	Modif.	Local	Local	2.670	8.032	184	2.077
						2.261	
3	Local	Modif.	Local	3.424	6.480	938	525
						1.463	
2	Local	Local	Modif.	2.794	6.015	308	60
						368	
	Soma dos 3 passos individuais.....					1.430	2.662
						4.092	
8	Modif.	Modif.	Modif.	4.274	7.102	1.788	1.147
						2.935	

^{1/} Adubação local = sem adubo

Adubação modificada = 60 - 60 - 30

Advocate
29.11.83

Dagui

AMOSTRAGEM DE SOLO

É feita com o objetivo de enviar para um laboratório de análise de solo, amostras que sejam representativas de uma determinada área agrícola.

Antes de iniciar a amostragem, é conveniente se ter um conhecimento preliminar da área para dividi-la em unidades uniformes. A divisão em unidades uniformes se faz necessário quando a área possui partes, de tamanho considerável, diferentes quanto à textura, topografia, cor, etc.

Para cada unidade considerada uniforme, são retiradas várias amostras simples que em seguida são misturadas para se ter uma amostra composta.

O número dessas amostras simples varia com o tamanho da unidade porém quanto maior for esse número, maior será a precisão dos dados obtidos. Trabalho da FAO recomenda que o número nunca deve ser inferior a 15 e que com 40 sub-amostras já se alcança uma máxima precisão, conforme mostra a Figura 2.

Para se coletar essas amostras simples, percorre a área (unidade uniforme) em forma de zigue-zague, evitando as manchas com formigueiro, queimadas de coivaras, partes alagadas, etc.

Profundidade - Para efeito da avaliação da fertilidade do solo, geralmente uma única profundidade de 0-20 cm é suficiente.

Época da amostragem - Quanto mais ^{cedo} antes do plantio melhor, para que haja tempo suficiente das análises serem efetuadas de modo que se conheça os resultados antes de se formular as adubações. Entretanto, se o terreno recebeu adubação nos anos anteriores, é aconselhável que se faça a amostragem logo após o preparo do solo, porque esta operação contribui para uma melhor uniformização da área.

Material necessário - Trado, enxadeco ou enxada, sacos plásticos limpos, etiquetas e cordão.

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES

Ao se fazer uma adubação, deve-se levar em consideração que o adubo fique a ^o alcance das raízes das culturas para permitir uma maior eficiência.

Entre os principais métodos de aplicação de fertilizantes realizados na época do plantio, existem as aplicações a lanço, em sulco e em cova.

A distribuição a lanço, consiste em se aplicar o adubo uniformemente na superfície do solo e em seguida fazer sua incorporação por meio de aração e gradagem. Esta distribuição apresenta as inconveniências de requerer uma maior quantidade de adubo, de aumentar a fixação do fósforo, devido ao maior contato entre o fertilizante e o solo. Ela é indicada nos casos de corretivo (calagem) e para o plantio de forrageiras de espaçamento denso.

A distribuição em sulco, consiste em aplicar os fertilizantes em sulcos ao lado e mais profundo do sulco do plantio. É indicada para as principais culturas anuais e semi-perenes, como tomate, milho, feijão, mandioca, mamona, algodão herbáceo e arbóreo, forrageiras de corte, como o capim elefante.

A distribuição em cova, consiste em aplicar os adubos na cova do plantio e misturá-los bem com a terra antes de se proceder a semeadura. É indicada para as culturas de espaçamento mais largo, como as fruteiras, bananeira, laranjeira, etc.

As adubações realizadas após o plantio são geralmente em cobertura ou em sulco.

Pelo fato do nitrogênio ser um elemento muito móvel no solo, podendo ficar fora do alcance das raízes, ^{devido o} pelo movimento de lixiviação, recomenda-se que uma parte da adubação nitrogenada seja feita após o plantio em forma de cobertura. Contudo, há necessidade que o solo esteja úmido para permitir uma solubilização do fertilizante aplicado.

A adubação em cobertura pode ser lateral, quando o fertilizante é colocado ao lado da fileira das plantas, como no milho, algodão, tomate, etc, e superior, quando o adubo é aplicado a lanço sobre as plantas, como nas forrageiras.

As aplicações em sulco após o plantio, são indicadas para as culturas perenes. No caso de fruteiras, os sulcos são abertos a uma certa distância do tronco, aproximadamente na projeção externa da copa da árvore.

CÁLCULO E MISTURA DE FERTILIZANTES

Quando os adubos são comparados separados, há necessidade de se fazer a mistura na própria fazenda. Para isto, é indispensável se conhecer a fórmula da adubação recomendada, a área a ser adubada, o espaçamento da cultura, o método de aplicação e a percentagem dos nutrientes nos adubos adquiridos.

Exemplo: Fórmula recomendada: 90-60-20, sendo 1/3 do N no plantio e o restante, 2/3, aos 40 dias após o plantio.

Área: $16.000 \text{ m}^2 = 1,6 \text{ ha}$

Espaçamento da cultura: $1,30 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$

Método de aplicação: em sulco na ocasião do plantio e em cobertura lateral posteriormente.

Adubos adquiridos:

Sulfato de amônio - 20% de N

Superfosfato simples - 20% de P_2O_5

Cloreto de potássio - 60% de K_2O

Solução: 1) Adubos necessários para adubação no plantio

100 kg de S. amônio - 20 kg de N

x " " - 30 kg de N, donde $x = 150$

150 kg de S. amônio - 10.000 m^2

x " " - 16.000 m^2 , donde $x = 240$

100 kg de Super. simples - 20 kg de P_2O_5

x " " - 60 kg de P_2O_5 , donde $x = 300$

300 kg de Super simples - 10.000 m^2

x " " - 16.000 m^2 , donde $x = 430$

100 kg de Cloreto de potássio - 60 kg de K_2O

x " " - 20 kg K_2O , donde $x = 33,3$

33,3 kg de Cloreto de potássio - 10.000 m^2

x " " - 16.000 m^2 , donde $x = 53,3$

Para se fazer a mistura, é conveniente se acrescentar uma pequena percentagem, 10%, a uma dessas quantidades encontradas para compensar alguma perda possível de ocorrer no ato da mistura, bem como para evitar que no final da adubação falte adubo por não controle das quantidades exatas a serem aplicadas. Dessa forma, as quantidades a serem misturadas serão as seguintes:

240 kg de Sulf. Amônio + 10% = 264 kg de S. Amônio
480 kg de Supersimples + 10% = 528 kg de S. Simples
53,3 kg de Cloreto de Potássio + 10% = 58,6 kg de Cloreto de Potássio

a) Quantidade aplicada por sulco

Área ocupada em 1 m de sulco = a distância entre as fileiras das plantas x 1 m = $1,30 \times 1 = 1,30 \text{ m}^2$.

A quantidade teórica a ser gasta em toda área será

240,0 kg de S. Amônio
480,0 kg de S. Simples
53,3 kg de C. Potássio
773,3 kg do total

773,3 kg da mistura - 16.000 m^2
x kg " - $1,30 \text{ m}^2$, donde $x = 0,063$

Portanto em 1 m de sulco será gasto 63 g da mistura de fertilizantes. Para saber a quantidade da mistura a ser distribuída em cada sulco, é só multiplicar o comprimento do sulco por 63. Para evitar de fazer uma pesada para cada sulco, torna-se prático fazer uma medida que contenha a quantidade da mistura a ser aplicada em cada sulco.

3) Adubo necessário para adubação de cobertura

100 kg de S. Amônio - 20 kg de N
x kg " - 60 kg de N, donde $x = 300$
300 kg de S. Amônio - 10.000 m^2
x kg " - 16.000 m^2 , donde $x = 480$
480 + 10% = 528 kg de Sulfato de Amônio

4) Quantidade aplicada por fileira

Segue o mesmo raciocínio para a adubação no plantio

480 kg de S. Amônio - 16.000 m^2
x " - $1,30 \text{ m}^2$, donde $x = 0,039$

Em cada metro de fileira serão distribuídas 39 g de Sulfato de Amônio.

Supondo-se que ao invés de comprar os adubos separados, compre-se a mistura já pronta. Neste caso, necessita-se conhecer a fórmula comercial das misturas existentes no comércio que mais se adapte à fórmula da adubação recomendada pelo técnico.

os níveis de adubação recomendados foram

No exemplo anterior, a fórmula recomendada foi de 90-60-20, contudo considerando a aplicação de N apenas 1/3 no plantio, a fórmula recomendada no plantio será 30-60-20.

Uma fórmula comercial de uma mistura que se adaptaria a essa fórmula recomendada seria 6-12-4. Isto quer dizer que em 100 kg da mistura tem 6, 12 e 4 kg de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Para se atender a fórmula recomendada, bastaria se usar 500 kg desta mistura por hectare, pois $500 : 100 = 5$.

$$5 \times 6 = 30 \text{ kg de N}$$

$$5 \times 12 = 60 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$5 \times 4 = 20 \text{ kg de } K_2O$$

Entretanto, nunca é fácil encontrar uma fórmula comercial que se adapte exatamente aos níveis dos três nutrientes, N, P e K recomendados.

Para os demais cálculos se precederia da maneira semelhante ao caso anterior. Para adubação de cobertura, se compraria o sulfato de amônio separado. *X até aqui.*

Observação: Em se tratando de um plantio de associação de culturas em que apenas uma cultura necessita da adubação de cobertura, como por exemplo milho e feijão, em que se deve dispensar a adubação nitrogenada de cobertura para o feijão, somente as fileiras de milho serão adubadas com a mesma quantidade do cálculo anterior, ou seja, 39 gramas de sulfato de amônio para cada metro de fileira. Neste caso, se o arranjo for de uma fileira de milho para duas de feijão, o consumo de fertilizante para adubação de cobertura nessa área, 1,6 ha; será reduzido de 2/3.

LITERATURA CITADA

- ALVIM, P. de T. Desafio agrícola da região Amazônica. Ciência e Cultura, 24 (5): 437-43. 1972.
- BLACK, C.A. Soil plant relationships. 1968. 792 p.
- BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Natureza e propriedade dos solos. 1974. 594 p.
- CPATSA. Relatório de atividades técnicas. Petrolina, 1978 (no prelo).
- EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas, 1975. 344 p.
- FAO, Roma. Erros em análise de solo e sua prevenção. Trad. de Maria Nilza B: Batista. In: Guide to the calibration of soil tests for fertilizer recommendations. Recife, FAO/ANDA 1973. p. 5-8 (Soils Bulletin, 18).
- SA JÚNIOR, J.P.M.; ARAÚJO, S.M.C.; ALMEIDA, L.M. & VASCONCELOS, A.L. Adaptação e sugestões de adubação com base no método de Cate & Vettori, a resultados de experimentos de campo realizados no Nordeste do Brasil. Pesq. Agrop. Nord. Recife, 6 (1): 125-40, 1974.
- WUTKE, A.C.P. & CAMARGO, E.O.A. de. Adsorção e troca iônica. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. 1972 p. 125-47.