

8. FERTILIZANTES

Arminda Saconi Messias¹
Davi José Silva²
Fernando José Freire³
Maria Cristina Lemos da Silva⁴

8.1. Nitrogenados

O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes para as plantas e, com freqüência, o mais limitante à produção das culturas em geral, exceto as leguminosas.

A fertilização nitrogenada é uma complementação à capacidade de suprimento de nitrogênio dos solos, a partir da mineralização de seus estoques de matéria orgânica, geralmente alta em relação às necessidades das plantas.

Em função de sua forma de atuação e das condições gerais de emprego, é habitual classificar os fertilizantes nitrogenados em orgânicos e químicos, cuja seleção de uma ou outra forma depende dos fatores e condições do solo, das condições climáticas, da velocidade de atuação e do valor econômico.

Os fertilizantes nitrogenados orgânicos são provenientes da mineralização dos resíduos vegetais e animais, através da ação efetiva da microbiota do solo. Pertencem a essa classificação o esterco eqüino (1,44 %N), o esterco bovino (1,67 %N), o esterco suino (1,86 %N), o esterco de galinha (2,76 %N), a torta de amendoim (7,65 %N), a torta de coco (4,37 %N), a torta de soja (6,56 %N), a torta de usina de cana-de-açúcar (2,19 %N), cascas de castanha de caju (0,74 %N), borra de café (2,30 %N), sangue seco (11,80 %N), entre outros.

Os fertilizantes nitrogenados químicos são subdivididos em quatro grupos. Os amoniacais, que apresentam o nitrogênio na forma amoniacal, como a amônia anidra (82 %N), as soluções amoniacais (20 %N), o sulfato de amônio (21 %N), o cloreto de amônio (25 %N), o fosfato monoamônio-MAP (9 %N), o fosfato diamônio-DAP (16 %N), o fosfossulfato de amônio (13 %N). Os nítricos, que apresentam o nitrogênio na forma nítrica, como o nitrato de sódio (16 %N), o nitrato de potássio (13 %N), o nitrato de cálcio (16 %N), o nitrofosfato (14 %N). Os nítrico-amoniacais, que apresentam o nitrogênio nas formas nítrica e amoniacal, como o nitrato de amônio (32 %N), o nitrato de amônio e cálcio (20 %N), o nitrossulfocálcio (25 %N), o sulfonitrato de amônio (25 %N), o sulfonitrato de amônio e magnésio (19 %N). Os amídicos, que apresentam o nitrogênio na forma amídica, como a uréia (44 %N), a uréia formaldeído (35 %N), a uréia revestida com enxofre (39 %N) e a crotonilidina diuréia (28 %N).

Devido à sua alta mobilidade, a quantidade total de nitrogênio adicionado com os fertilizantes nitrogenados deve ser aplicada de forma fracionada, a fim de que a planta possa encontrar no solo o nitrogênio que necessita, nos períodos críticos do seu ciclo vital.

8.2. Fosfatados

As fontes minerais de fósforo são todas originadas de rochas fosfáticas, conhecidas como "fosfatos naturais", que são encontrados na forma de compostos de ferro, alumínio e de cálcio.

1 Química, D.Sc. em Engenharia Ambiental, Pesquisadora do IPA e da UNICAP

2 Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Semi-Árido

3 Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Professor da UFRPE

4 Engenheira Agrônoma, M.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora do IPA

Os fosfatos de ferro e de alumínio têm sua solubilidade aumentada com a elevação do pH do solo. Os fosfatos de cálcio (apatitas e fosforitas), por sua vez, são mais solúveis em solos com pH ácido.

No comércio, são encontradas fontes naturais de fósforo e fontes industrializadas obtidas a partir das naturais.

a) Fosfatos naturais

Os fosfatos naturais de maior ocorrência são as apatitas. Esses fosfatos possuem um teor considerável de fósforo total (24 a 27 % de P_2O_5 total), contudo, de baixa solubilidade. A solubilidade desses materiais é aumentada em meio ácido.

b) Superfosfato simples

Obtido por meio da mistura estequiométrica de H_2SO_4 com fosfatos naturais (apatitas). Possui, no mínimo, 18 % de P_2O_5 solúvel em citrato neutro de amônio (CNA) + água, 11 % de S e 19 % de Ca.

c) Superfosfato triplo ou concentrado

Obtido a partir da mistura estequiométrica de H_3PO_4 com fosfatos naturais (apatitas). Possui, no mínimo, 41 % de P_2O_5 solúvel em CNA + água e 13 % de Ca.

d) Escória de Thomas

É um subproduto da indústria do aço. Possui 17 % de P_2O_5 total, 12 % de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico (AC) a 2 %, 25 % de Ca e pequenas quantidades de Si, Mg, Fe e Mn.

e) Termofosfato

Obtido pela fusão a 1450 °C de fosfato natural (apatita ou fosforita) com uma rocha magnesiânica (serpentina). Contém, no mínimo, 17 % de P_2O_5 total, 16,5 % de P_2O_5 solúvel em AC a 2 %, 20 % de Ca e 9 % de Mg.

f) Fosfato monoamônico (MAP)

Obtido por meio da neutralização parcial de H_3PO_4 pela amônia. Possui, no mínimo, 48 % de P_2O_5 solúvel em CNA + água e 9 % de N.

g) Fosfato diamônico (DAP)

Obtido por meio da neutralização parcial de H_3PO_4 pela amônia. Possui, no mínimo, 45 % de P_2O_5 solúvel em CNA + água e 16 % de N.

h) Fosfato parcialmente acidulado

Obtido pela reação do fosfato natural (apatita) com uma quantidade de ácido sulfúrico inferior à necessidade estequiométrica para a reação completa. Contém 20 % de P_2O_5 total, 9 % de P_2O_5 solúvel em CNA + água, 25 % de Ca e 6 % de S.

i) Farinha de ossos autoclavados

Possui 20 % de P_2O_5 total, 16 % de P_2O_5 solúvel em AC a 2 %, 1,5 % de N e 22 % de Ca.

8.3. Potássicos

O potássio constitui, juntamente com o nitrogênio e o fósforo, o grupo denominado de elementos nobres da fertilização. É de ocorrência generalizada na natureza, aparecendo sempre em formas combinadas inorgânicas ou, no solo, em forma iônica.

A fertilização potássica tem que garantir uma concentração de K na solução do solo suficientemente alta para satisfazer as necessidades da planta, nos períodos em que o elemento é mais exigido. Este objetivo poderá ser alcançado quando forem evitadas perdas por lavagem e fixação.

A eficiência dos fertilizantes potássicos depende sistematicamente da maneira de como são aplicados e das condições do solo a ser fertilizado. Diante disso, pode-se inferir algumas sugestões quando ao uso do potássio do solo:

- a) solos naturalmente pobres em potássio requerem adições freqüentes e moderadas.
- b) práticas culturais que melhoram as condições de aeração do solo (aração, gradagem, drenagem), bem como aquelas que evitam as perdas por lixiviação (adição de matéria orgânica e calagem) e por erosão (plantio em nível, terraço, etc.) tendem a promover um melhor aproveitamento do K no solo.
- c) A tendência para o equilíbrio entre o K não trocável, trocável e em solução e as perdas às quais o K solúvel está sujeito, sugerem dois princípios básicos para a adição de K como fertilizante: o primeiro, é que o elemento deve ser aplicado parceladamente em lugar de toda a quantidade necessária de uma só vez; o segundo, é que se deve concentrar o K no sulco ou na cova de plantio, sempre que possível.

Os fertilizantes potássicos mais utilizados são: cloreto de potássio (60 % de K_2O), sulfato de potássio (50 % de K_2O), sulfato duplo de potássio e magnésio (22 % de K_2O) e nitrato de potássio (44 % de K_2O).

8.4. Orgânicos

Fertilizantes orgânicos são todos aqueles produtos que, adicionados ao solo, têm como objetivo fundamental produzir húmus e contribuir, desta forma, para manter, ou elevar, o equilíbrio húmico dos solos cultivados. É possível que esses produtos contenham, também, outros elementos fertilizantes, porém, este aspecto deve ser considerado secundário.

A Legislação Brasileira através do Decreto 86.955 de 18.02.82, considera fertilizantes orgânicos os produtos de origem vegetal ou animal, classificados em três categorias: (a) fertilizante orgânico simples (fertilizante de origem vegetal ou animal contendo um ou mais nutrientes das plantas), (b) fertilizante organomineral (fertilizante procedente da mistura ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos), e (c) fertilizante composto ou, simplesmente, composto (fertilizante obtido por processo bioquímico, natural ou controlado, com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal). Nas Tabelas 8.1. e 8.2., encontram-se as relações dos fertilizantes orgânicos reconhecidos pelo Ministério da Agricultura.

A eficiência dos fertilizantes orgânicos para melhorar a produtividade do solo depende de alguns fatores que devem ser considerados: (a) qualidade e quantidade de aplicação; (b) épocas e condições de utilização; (c) métodos de aplicação; (d) adequabilidade aos sistemas agrícolas predominantes na região; (e) custo relativo de sua utilização.

A matéria orgânica favorece o aumento da produção, ao melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Na Tabela 8.3., resumem-se os principais efeitos da matéria orgânica

no solo. É necessário dizer que os diferentes tipos de húmus contribuem de maneiras diferentes para esses efeitos. Em geral, quanto mais avançado o nível de humificação (relação C/N mais baixa) mais próximos estarão seus efeitos aos assinalados na referida Tabela.

TABELA 8.1. Especificações dos fertilizantes orgânicos simples (reconhecidos pela Legislação Brasileira, correspondente à Tabela n° 2 da Portaria n° 1, do Decreto 96.955 de 18.02.82)

| Produtos processados de | Umidade % Máx. | Matéria orgânica % Mín. | pH Mín. | C/N % Máx. | N % Mín. | P ₂ O ₅ total % Mín. |
|-------------------------|----------------|-------------------------|---------|------------|----------|--|
| Esterco bovino | 25 | 36 | 6 | 20/1 | 1 | - |
| Esterco de galinha | 25 | 50 | 6 | 20/1 | 1,5 | - |
| Bagaço de cana | 25 | 36 | 6 | 20/1 | 1 | - |
| Palha de arroz | 25 | 36 | 6 | 20/1 | 1 | - |
| Palha de café | 25 | 46 | 6 | 20/1 | 1,3 | - |
| Borra de café | 25 | 60 | 6 | 20/1 | 1,8 | - |
| Torta de algodão | 15 | 70 | - | - | 5 | - |
| Torta de amendoim | 15 | 70 | - | - | 5 | - |
| Torta de mamona | 15 | 70 | - | - | 5 | - |
| Torta de soja | 15 | 70 | - | - | 5 | - |
| Farinha de ossos | 15 | 6 | - | - | 1,5 | 20 (80 sol.) |
| Farinha de peixe | 15 | 50 | - | - | 4 | 6 (total) |
| Farinha de sangue | 10 | 70 | - | - | 10 | |
| Turfa e linhita | 25 | 30 | 6 | 18/1 | 1 | |

Legenda: máx.= máximo; mín.= mínimo; sol.= solúvel em solução de ácido cítrico a 2 %

Fonte: Kiehl, 1985.

TABELA 8.2. Especificações dos fertilizantes organomineral e composto (correspondente à Tabela n° 3 da Portaria n° 1, do Decreto 86.955 de 18.02.82)

| Garantia | Organomineral | Composto |
|-------------------------------|--------------------------------|-------------|
| Matéria orgânica total | mínimo 15 % | mínimo 40 % |
| Nitrogênio total | conforme declarado no registro | mínimo 1 % |
| Umidade | máximo 20 % | máximo 40 % |
| Relação C/N | - | máximo 18/1 |
| pH | mínimo 6,0 | mínimo 6,0 |
| P ₂ O ₅ | conforme declarado no registro | - |
| K ₂ O | conforme declarado no registro | - |
| Soma (NPK, NP, PK ou NK) | mínimo 6 % | - |

Fonte Kiehl, 1985.

TABELA 8.3. Principais efeitos da matéria orgânica nos solos cultivados

| Propriedades do solo | Efeitos da matéria orgânica humificada |
|----------------------|--|
| Físicas | <p>Aumento da capacidade calorífica</p> <p>Solos mais quentes na primavera</p> <p>Redução das oscilações térmicas</p> <p>Agregação de partículas elementares</p> <p>Aumenta a estabilidade estrutural</p> <p>Proporciona coesão nos solos arenosos</p> <p>Aumenta as permeabilidades hídrica e gasosa</p> <p>Solos menos encharcados</p> <p>Facilita a drenagem</p> <p>Reduz a erosão</p> <p>Aumenta a capacidade de retenção hídrica</p> <p>Reduz a evaporação</p> <p>Melhora o balanço hídrico</p> |
| Químicas | <p>Aumento do poder tampão</p> <p>Regula o pH</p> <p>Aumenta a capacidade de troca catiônica</p> <p>Mantêm os cátions em formas trocáveis</p> <p>Formação de fosfohumatos</p> <p>Formação de quelatos</p> <p>Mantêm as reservas de nitrogênio</p> |
| Biológicas | <p>Favorece a respiração radical</p> <p>Favorece a germinação das sementes</p> <p>Regula a atividade microbiana</p> <p>Fonte de energia para os microrganismos heterotróficos</p> <p>Modifica a atividade enzimática</p> <p>Melhora a nutrição mineral dos cultivos</p> <p>Ativa a rizogênese</p> <p>Favorece a solubilização de compostos minerais</p> <p>Inibe o efeito de algumas toxinas</p> <p>Favorece o estado sanitário dos órgãos subterrâneos</p> |

Fonte: Terron, 1995.

8.5. Micronutrientes

Alguns elementos químicos são essenciais para o desenvolvimento das plantas. Desses elementos, alguns são exigidos em grandes quantidades e outros em pequenas quantidades e, por isso, comumente chamados de micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn). Eles são de natureza essencialmente inorgânica e sua disponibilidade é muito variável, principalmente em cultivos intensivos, quando ocorrem alterações nas práticas de manejo do solo ou quando, de alguma maneira, haja esgotamento desses nutrientes sem a devida reposição por fertilizantes.

O teor de micronutrientes na matéria seca das plantas é, como regra, muito menor que o dos macronutrientes, sendo por isso, expressos quase sempre em partes por milhão (ppm), mg kg^{-1} , por exemplo. Por isso, enquanto a necessidade dos macronutrientes são dadas em dezenas (às vezes centenas) de quilos por hectare, as exigências dos micronutrientes são medidas em gramas por hectare.

O conhecimento da ocorrência, reação e movimento no solo são de muita importância para se analisar o comportamento dos micronutrientes no sistema solo-planta. Eles podem ser encontrados no solo, tanto complexados com a parte orgânica, como na forma inorgânica. A fração orgânica do solo é muito complexa e compõe-se de uma grande variedade de compostos solúveis e insolúveis que são capazes de reagir com os micronutrientes.

A capacidade do solo em reter micronutrientes depende das suas propriedades químicas, físicas e biológicas, assim como da forma química em que o elemento foi aplicado. Dentre os fatores que influem na retenção dos micronutrientes podem ser citados: a textura, o pH, a umidade, o teor de matéria orgânica, o teor de óxidos de ferro, alumínio e manganês, a espécie e a concentração dos constituintes da solução do solo.

Normalmente, a solubilidade e, conseqüentemente, a movimentação dos micronutrientes catiônicos (Zn, Cu, Fe e Mn), aumenta com a diminuição do pH do solo. De maneira inversa, a mobilidade do ânion molibdato aumenta com o aumento do pH.

Embora as necessidades de micronutrientes das culturas sejam pequenas, suas deficiências têm aparecido com muita freqüência, principalmente devido ao uso crescente de fertilizantes bastante concentrados.

Há, pelo menos, três classes de produtos portadores de micronutrientes que são usados para prevenir ou corrigir deficiências: óxidos, ácidos e sais minerais; silicatos complexos; quelatos naturais ou sintéticos.

Os fertilizantes contendo micronutrientes podem ser aplicados como: tratamento de sementes, pulverização foliar e diretamente no solo, isoladamente ou em mistura com os fertilizantes portadores de macronutrientes.

As quantidades que podem ser aplicadas com as sementes são limitadas e, por isso, o tratamento pode não ser suficiente para garantir o fornecimento necessário do elemento. As aplicações foliares da maioria dos micronutrientes são eficientes mas, em geral, exigem sua repetição o que aumenta o custo da operação. Por outro lado, a aplicação isolada do micronutriente no solo, também, implica em aumento de custos. Porém, a desvantagem mais séria do uso isolado, é a dificuldade em se distribuir de modo uniforme a pequena quantidade exigida pelas culturas. Por tudo isso, é muito viável a prática de se distribuir o micronutriente previamente misturado com os demais fertilizantes, no planejamento das fertilizações rotineiras e freqüentes.

8.6. Fertilizantes Simples e Formulações Comerciais

Os resultados das análises de fertilidade do solo vêm acompanhados de sugestões de fertilização, geralmente expressas em kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O . Uma sugestão de 20-80-40 por exemplo, indica que na fertilização deverão ser aplicados 20 kg ha^{-1} de N, 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 40 kg ha^{-1} de K_2O .

Essa fertilização poderia ser atendida pela aplicação de fertilizantes simples ou através de misturas já preparadas, conhecidas no comércio por fórmulas.

No caso de se adquirir os fertilizantes simples, são necessárias as seguintes etapas:

- Verificar a concentração dos nutrientes nos fertilizantes escolhidos (Tabela 8.4.) e a sua compatibilidade (Tabela 8.5.)

Exemplo: Suponha que para atender a sugestão de fertilização acima citada, foram escolhidas as seguintes fontes: uréia (44 % de N), superfosfato simples (18 % de P_2O_5) e cloreto de potássio (58 % de K_2O)

- Calcular as quantidades dos fertilizantes simples

- Uréia (44 % de N)

$$\begin{aligned} 100 \text{ kg de uréia} &\rightarrow 44 \text{ kg de N} \\ X \text{ kg de uréia} &\rightarrow 20 \text{ kg de N recomendados} \end{aligned}$$

$$X = (20 \times 100) / 44$$

$$X = 45,4 \text{ kg de uréia}$$

- Superfosfato simples - SS (18 % de P_2O_5)

$$\begin{aligned} 100 \text{ kg de SS} &\rightarrow 18 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 \\ Y \text{ kg de SS} &\rightarrow 80 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 \text{ recomendados} \end{aligned}$$

$$Y = (80 \times 100) / 18$$

$$Y = 444 \text{ kg de superfosfato simples}$$

- Cloreto de potássio - KCl (58 % de K_2O)

$$\begin{aligned} 100 \text{ kg de KCl} &\rightarrow 58 \text{ kg de } \text{K}_2\text{O} \\ Z \text{ kg de KCl} &\rightarrow 40 \text{ kg de } \text{K}_2\text{O} \text{ recomendados} \end{aligned}$$

$$Z = (40 \times 100) / 58$$

$$Z = 68,9 \text{ kg de cloreto de potássio}$$

Por hectare deveriam ser aplicados, aproximadamente, 45 kg de uréia, 445 kg de superfosfato simples e 70 kg de cloreto de potássio, totalizando 560 kg da mistura, para atender a fertilização sugerida de 20-80-40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Para calcular a quantidade da mistura que deverá ser aplicada por metro de sulco ou cova, necessita-se conhecer o espaçamento da cultura.

Suponha que a fertilização sugerida foi para o plantio de milho, no espaçamento de 0,80 m x 0,40 m.

Nesse espaçamento, um hectare (100 m x 100 m) conterà 12.500 metros lineares de sulco, assim:

$$100 \text{ m (largura da área)} / 0,80 \text{ m (espaçamento entre linhas)} = 125 \text{ (n}^\circ \text{ de sulcos na área)}$$

$$125 \times 100 \text{ m (comprimento da área)} = 12.500 \text{ metros lineares de sulco em um hectare.}$$

A quantidade da mistura a ser aplicada por metro de sulco, será o total da mistura, dividido pelo número de metros lineares de sulco em um hectare.

No exemplo:

$$\text{total da mistura} = 560 \text{ kg} = 560.000 \text{ g}$$

$$\text{metros lineares de sulco em 1 hectare} = 12.500 \text{ m}$$

$$\text{Quantidade da mistura a aplicar por metro de sulco} = 560.000 \text{ g} / 12.500 \text{ m} = 44,8 \text{ g m}^{-1}$$

Se desejar fertilizar na cova, dividir o total da mistura, pelo número de covas de 1 hectare.

No exemplo:

$$\text{total da mistura: } 560 \text{ kg} = 560.000 \text{ g}$$

$$\text{n}^\circ \text{ de covas/hectare} = \text{área de um hectare} / \text{área da cova}$$

$$\text{área da cova} = 0,80 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} = 0,32 \text{ m}^2$$

$$\text{n}^\circ \text{ de covas/hectare} = 10.000 \text{ m}^2 / 0,32 \text{ m}^2 = 31.250 \text{ covas}$$

$$\text{Quantidade da mistura a aplicar por cova} = 560.000 \text{ g} / 31.250 \text{ covas} = 17,9 \text{ g cova}^{-1}$$

ou 18 gramas da mistura por cova.

Nas fórmulas comerciais, os três números expressam a percentagem dos nutrientes na mistura. Assim, uma fórmula 8-24-16 mostra a presença na mistura de 8 % de N, 24 % de P₂O₅ e 16 % de K₂O; logo, uma tonelada dessa fórmula contém 80 kg de N, 240 kg de P₂O₅ e 160 kg de K₂O. Caso a escolha recaia sobre essa opção deve-se, primeiramente, estabelecer a relação entre os nutrientes recomendados. A recomendação de 20-80-40 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, corresponde a uma relação de nutrientes de 1: 4: 2 e poderá ser atendida por uma fórmula que tenha essa mesma relação. Para encontrá-la, basta dividir cada percentagem

por aquela de menor valor. Considerando-se que se disponha das fórmulas: 5-10-10, 10-30-15, 6-24-12 e 20-10-20 que apresentam relação 1: 2: 2; 1: 3: 1, 5; 1: 4: e 2: 1: 2, respectivamente, deve-se escolher a fórmula 6-24-12 para atender a recomendação de 20-80-40 de N, P_2O_5 e K_2O , pois apresenta a mesma relação de nutrientes indicada para a fertilização.

Para calcular a quantidade da fórmula a ser aplicada por hectare, dividir a dose do elemento recomendado, pelo teor do mesmo elemento existente na fórmula e multiplicar o resultado por 100.

Por exemplo: Doses recomendadas: 20-80-40 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente.

Fórmula indicada: 6-24-12

Quantidade a aplicar:

a) Tomando-se como base a dose de nitrogênio

100 kg da fórmula → 6 kg de N

X → 20 kg de N recomendados

$X = (20 / 6) \times 100$

$X = 333,33 \text{ kg ha}^{-1}$ da fórmula 6 - 24 - 12

b) Tomando-se como base a dose de fósforo

100 kg da fórmula → 24 kg de P_2O_5

Y → 80 kg de P_2O_5 recomendados

$Y = (80 / 24) \times 100$

$Y = 333,33 \text{ kg ha}^{-1}$ da fórmula 6 - 24 - 12

c) Tomando-se como base a dose de potássio

100 kg da fórmula → 12 kg de K_2O

Z → 40 kg de K_2O recomendados

$Z = (40 / 12) \times 100$

$Z = 333,33 \text{ kg ha}^{-1}$ da fórmula 6 - 24 - 12

Para o cálculo, basta usar apenas a dose de um dos nutrientes da fórmula: o resultado será sempre o mesmo, pois as relações entre os nutrientes da fórmula são as mesmas das recomendadas.

Outra maneira de calcular a quantidade da fórmula a aplicar é somar as doses dos nutrientes recomendados, dividir pela soma dos teores dos nutrientes da fórmula e multiplicar por 100.

Por exemplo: Dose recomendada: 20-80-40 kg. ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Fórmula indicada: 6-24-12

Quantidade a aplicar (x) = $(20+80+40) / (6+24+12) \times 100$

$$x = (140 / 42) \times 100$$

$$x = 333,33 \text{ kg ha}^{-1} \text{ da fórmula 6-24-12}$$

Os exemplos mencionados mostram a facilidade desses cálculos. No entanto, nem sempre as indicações de fertilização obedecem às relações exatas; porém, pequenas variações são perfeitamente aceitáveis.

TABELA 8.4. Porcentagens de nutrientes nos fertilizantes orgânicos, inorgânicos e corretivos mais utilizados em Pernambuco

| Produto | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | S | B | Cu | Fe | Mn | Mo | Zn |
|------------------------|------|-------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Esterco de curral | 0,5 | 0,15 | 0,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Esterco de galinha | 2,5 | 1,8 | 1,5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bagaço de cana | 0,4 | 0,1 | 0,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Torta de filtro | 1,5 | 1,6 | 0,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sulfato de amônio | 20,0 | - | - | - | - | 24,0 | - | - | - | - | - | - |
| Nitrato de am. e calc. | 27,0 | - | - | 7,0 | 3,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Sulfonit. Amônio | 27,0 | - | - | - | - | 15,0 | - | - | - | - | - | - |
| Uréia | 44,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| DAP | 16,0 | 43,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MAP | 10,0 | 48,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sup. Simples | - | 18,0 | - | 25,0 | - | 12,0 | - | - | - | - | - | - |
| Sup. Triplo | - | 41,0 | - | 14,0 | - | 1,4 | - | - | - | - | - | - |
| Fosfato bicálcico | - | 37,0 | - | 30,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Hiperfosfato | - | 30,0 | - | 40,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cloreto de potássio | - | - | 58,0 | - | - | 17,0 | - | - | - | - | - | - |
| Sulfato de potássio | - | - | 48,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sulf. de pot. e mag. | - | - | 18,0 | - | 18,0 | 20,0 | - | - | - | - | - | - |
| Calcário cálcico | - | - | - | 40,0 | 5,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Calcário dolom. | - | - | - | 25,0 | 20,0 | - | - | - | - | - | - | - |
| Bórax | - | - | - | - | - | - | 11,3 | - | - | - | - | - |
| Ácido bórico | - | - | - | - | - | - | 17,5 | - | - | - | - | - |
| Sulf. de cobre | - | - | - | - | - | - | - | 25,5 | - | - | - | - |
| Sulf.ferroso | - | - | - | - | - | - | - | - | 20,1 | - | - | - |
| Sulf. Manganês | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 24,6 | - | - |
| Molibdato amônio | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 48,9 | - |
| Molibdato sódio | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 39,6 | - |
| Sulfato zinco heptah | 22,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Óxido zinco | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 75,0 |

Sup. = super; sulf. = sulfato; pot. = potássio; mag. = magnésio; calc. = cálcio; heptah = heptahidratado; am. = amônio; sulfanit. = sulfanitrato

Fonte: Anda, 1971.

TABELA 8.5. Compatibilidade entre fertilizantes e corretivo de solo

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | X | | | | | X | | | | X |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | X | O | O | | | X | | | | |
| 4 | | | | | | X | | | | | X | | | | X |
| 5 | | | | | | X | O | | | | O | | | | C |
| 6 | X | | X | X | X | | X | X | X | | | | | | |
| 7 | | | O | | O | X | | | | | X | | | | X |
| 8 | | | O | | | X | | | | | X | O | | | X |
| 9 | | | | | | X | | | | | O | | | | X |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | X | | X | X | O | | X | X | O | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | O | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | X | | | X | O | | X | X | X | | | | | | |

Fertilizantes/corretivo:

- 1 - Sulfato de amônio
- 2 - Nitrato de sódio e nitrato de potássio
- 3 - Nitrocálcio
- 4 - Nitrato de amônio e sulfonitrato de amônio
- 5 - Uréia
- 6 - Calcionamida
- 7 - Superfosfatos
- 8 - Fosfatos de amônio
- 9 - Fosfato bicálcio
- 10 - Farinha de ossos
- 11 - Escória de Thomas e termofosfatos
- 12 - Fosfatos naturais ou rochas fosfatadas
- 13 - Cloreto de potássio
- 14 - Sulfato de potássio
- 15 - Calcário

| | |
|---|---|
| | Podem ser misturados |
| o | Só devem ser misturados um pouco antes da aplicação |
| x | Não devem ser misturados |

Fonte: Anda, 1971.

8.7 Época e Modos de Aplicação de Fertilizantes

Para melhoria da eficiência das fertilizações devem ser considerados não apenas o emprego de fertilizantes com uma relação adequada de nutrientes, mas também, a época e o seu modo de

aplicação. Há várias maneiras de localizar o fertilizante em relação às sementes ou plantas, sendo que as recomendações variam com o tipo de cultura e com as características dos fertilizantes, entre outros fatores.

8.7.1 Fertilizantes nitrogenados

Os fertilizantes nitrogenados são solúveis em água, liberando rapidamente íons nitrogenados que se movimentam livremente na solução do solo. Para diminuir as perdas de nitrogênio, principalmente por lixiviação, recomenda-se a aplicação desses fertilizantes de forma parcelada, nas seguintes situações:

culturas anuais - aplicar parte do nitrogênio nos sulcos de plantio ou covas, juntamente com o fósforo e o potássio, e o restante em cobertura, geralmente em linha, ao lado das plantas. No parcelamento, considerar o período de maior exigência da cultura para aplicar a maior dose.

e culturas perenes - dividir a dose recomendada em 2 a 4 aplicações. A época de aplicação é função das condições de umidade do solo e das características do sistema radicular da cultura.

A uréia, após ser aplicada ao solo, passa pela reação de hidrólise, liberando amônia (NH_3), que pode ser perdida através do processo de volatilização. Essas perdas podem ser diminuídas pela aplicação em períodos de temperaturas baixas, através da irrigação imediatamente após a aplicação ou pela incorporação do fertilizante.

8.7.2 Fertilizantes fosfatados

A movimentação do fósforo no solo é restrita; portanto, deve ser colocado onde as raízes das plantas possam alcançá-lo. Para maior eficiência no seu aproveitamento pelas plantas, os níveis de fertilidade do solo, as características das culturas e a solubilidade das fontes de fósforo devem ser considerados nas formas de aplicação desses fertilizantes.

8.7.2.1 Aplicação localizada

Esta aplicação é recomendada para os fertilizantes fosfatados solúveis (superfosfato simples, superfosfato triplo, DAP, MAP) e relativamente solúveis (escórias, termofosfatos). Esta forma de aplicação reduz o contato do fertilizante com as partículas do solo, diminuindo a fixação do fósforo.

Nas culturas anuais, os fertilizantes devem ser usados em uma única aplicação, nos sulcos, faixas ou linhas, por ocasião do plantio.

Em culturas perenes (fruteiras, café, essências florestais), a fertilização por ocasião do plantio deverá ser realizada na cova, a fim de permitir maior aprofundamento das raízes. É conveniente misturar os fertilizantes ao solo que será utilizado no enchimento da cova. As fertilizações de manutenção, quando necessárias, são realizadas em coberturas, com ou sem incorporação. Os fertilizantes são distribuídos, na zona de maior concentração de raízes, a lanço, em faixas entre as linhas de plantio, junto às plantas, na projeção da copa ou em círculos, dependendo da cultura e do seu estágio de desenvolvimento.

Na formação de pastagens, parte dos fertilizantes é aplicada a lanço, com posterior incorporação ao solo e parte nos sulcos, pois, enquanto a primeira forma é necessária para a manutenção da pastagem, a segunda é importante para o seu desenvolvimento. No caso de implantação de capineiras, a fertilização geralmente é feita em sulco.

8.7.2.2 Aplicação a lanço com incorporação ao solo

Geralmente é utilizada em solos com níveis muito baixos de fósforo, e se deseja fazer fertilização corretiva com doses relativamente elevadas de fertilizantes fosfatados insolúveis (fosfatos naturais ou de rochas). Parte-se do princípio de que, quanto maior o contato do fertilizante com o solo, melhor é a solubilização do fósforo e seu aproveitamento pelas plantas. Deve-se levar em consideração o aspecto econômico da cultura, bem como o efeito residual da fonte.

8.7.3 Fertilizantes potássicos

O potássio atua no crescimento, conformação e qualidade dos frutos. É um elemento que se movimenta no solo lentamente, a curtas distâncias, e dependendo da textura do solo, poderá ser facilmente lixiviado. Considerando esses aspectos, a aplicação de fertilizantes potássicos em solos arenosos, deve ser de forma parcelada, principalmente em culturas irrigadas de ciclo longo.

Nas culturas anuais, o potássio deve ser aplicado juntamente com o nitrogênio e o fósforo nos sulcos de plantio ou covas, evitando-se o contato direto dos fertilizantes com as sementes ou mudas, principalmente quando se usar doses elevadas, a fim de não causar prejuízos à germinação, causados pelo efeito salino dos fertilizantes.

Na implantação de culturas perenes, os fertilizantes potássicos devem ser aplicados na cova, enquanto que em culturas já estabelecidas, é mais recomendada a aplicação em faixas.

A aplicação a lanço poderá ser adotada, em área com nível de potássio muito baixo e se for vantajosa a fertilização potássica corretiva, ou em pastagem já estabelecida.

Referências

- ALCARDE, J.C.; GUIDOLIN, J.A.; LOPES, A.S. **Os adubos e a eficiência das adubações**. São Paulo: ANDA, 1991. 35p. (ANDA. Boletim Técnico, 3).
- ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos (São Paulo, SP). **Manual de adubação**. São Paulo, 1971. 265p.
- BARBOSA, R.M. **Absorção e translocação de cromo em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), rabanete (*Raphanus sativus*) e rúcula (*Eruca sativa*) cultivados em vermicomposto de resíduos de curtume**. 1996. 179p. Tese (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1996.
- BETTIOL, W. Utilização de lodo de esgoto como fertilizante. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA, 1982, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CENA, 1982. p. 227-232.
- BRAUN, W.A.G. Nitrogênio: limitações, opções e perspectivas para a agricultura. **Fertilizantes**. São Paulo, v. 3, p. 5-9, 1981.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. (Recife, PE). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 1ª aproximação**. Recife, 1982. 81p.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. (Salvador-BA). **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 2. ed. Salvador, 1989. 176p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 359p.
- ERNANI, P.R.; GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 6, p. 119-124, 1982.
- KIEHL, J.E. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 2, n. 1, p. 40-44, 1988.
- LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. Adubação fosfatada em pastagens. In: LOBATO, E.; KORNELIUS, E.; SANZONOWICZ, C. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 145-174.
- LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: POTAFOS, 1989. 155p.
- MALAVOLTA, E. **O impacto de novas tecnologias no setor de fertilizantes**. In: SEMINÁRIO SOBRE FERTILIZANTES: SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS, 1986, São Paulo. **Seminário...** São Paulo: ANDA, 1986. 46p.

- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 529p.
- McCONNELL, D. B.; SHIRALIPOUR, A.; SMITH, W.H. Compost application improves soil properties. **Biocycle**, v. 34, n. 4, p. 61-63, 1993.
- MESSIAS, A. S. **Fertilizantes orgânicos: lixo urbano**. Recife: UNICAP, 1993. 48p.
- MESSIAS, A.S.; MORAES, F.A. Emprego do lixo urbano na adubação do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: [s. n., 1992]. p. 384.
- PAPADAKIS, A.I.G.J. **Los fertilizantes**. Buenos Aires: Albatroz, 1974. 174p.
- PAULA, J.R. **Estudo da influência das substâncias húmicas na absorção de metais por plantas através de técnicas analíticas**. 1992. 149p. Tese (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1991. 343p.
- SCHNITZER, M.; KHAN, S.U. **Soil organic matter**. 4. ed. New York: Elsevier, 1989. 319p.
- TERRON, P.U. **Tratado de fitotecnia general**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 895p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza, 1993. 248p.
- WUTKE, A.C.F. Nitrogênio. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1972. p. 179-189.