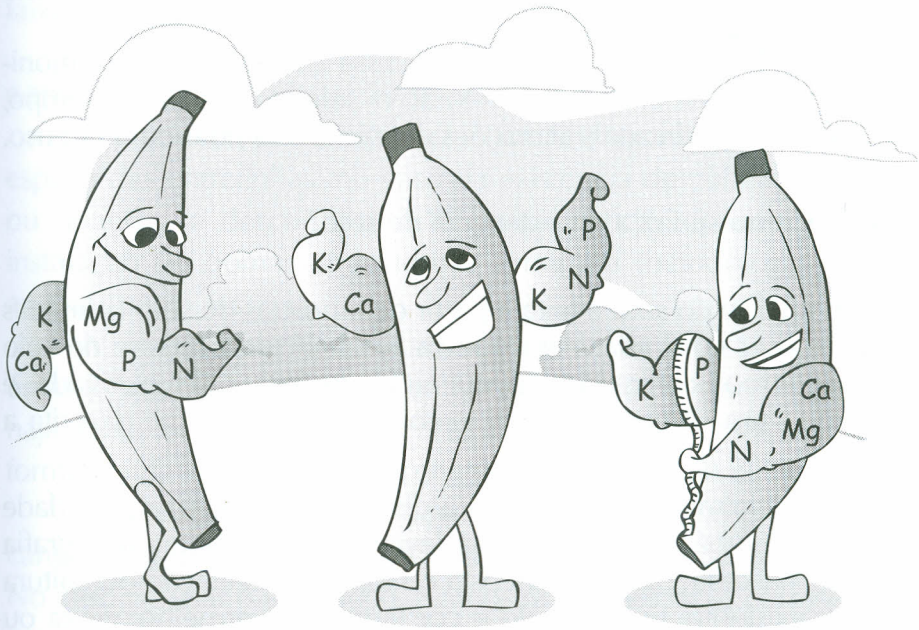


3

Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas



*Clementino Marcos Batista de Faria
Davi José Silva
Alessandra Monteiro Salviano Mendes*

33

O que é e para que serve a análise química do solo?



É o método mais simples, barato e rápido para se avaliar a fertilidade do solo. Além de servir para recomendar adubação e calagem, identifica problemas de salinidade, sodicidade e toxicidade de algum elemento químico, como o alumínio.

Essa análise serve para monitorar o solo ao longo do tempo, avaliando-se as principais alterações químicas ocorridas com seu uso.

34

Como se faz a amostragem de solo?

A análise do solo é feita a partir de amostras de solo coletadas na área a ser cultivada. Para que os resultados da análise de solo representem as características químicas da área a ser cultivada, é necessária uma amostragem muito bem feita, conforme descrita a seguir:

- Inicialmente, procede-se à divisão da área da propriedade em subáreas homogêneas, levando-se em conta a topografia (baixada, planície, encosta ou topo), a vegetação ou cultura existente, tipo de solo e cor (amarelo, vermelho, cinza ou preto), bem como textura (argilosa, média ou arenosa), grau de erosão, drenagem e, finalmente, o uso (virgem ou cultivado, adubado ou não).
- Para cada subárea homogênea, devem-se coletar 20 amostras simples em forma de ziguezague, a uma profundidade de 0 cm a 20 cm. Em se tratando de plantio de culturas perenes, coletar mais 20 amostras a uma profundidade de 20 cm a 40 cm.

Nota: as duas amostras de terra – com solos de profundidades distintas –, devem ser colocadas em recipientes diferentes, limpos e identificados.

- As amostras de cada profundidade devem ser misturadas, retirando-se uma amostra composta com aproximadamente 0,5 kg a 1,0 kg de solo, colocando-a num saco de plástico limpo ou numa caixa de papelão.

As duas amostras de 0 cm a 20 cm e de 20 cm a 40 cm de profundidade devem ser identificadas e enviadas para um laboratório.

Em pomares já estabelecidos, as amostras devem ser coletadas na projeção da copa das árvores, nos espaços correspondentes às faixas onde os fertilizantes são distribuídos.

A época recomendada para amostragem é após uma colheita e antes de efetuar a adubação de base para o novo ciclo de produção.

Recomenda-se, ainda, fazer uma amostragem de solo no espaço das entrelinhas, no caso da existência de cultura intercalar, ou quando se desconhecem as características do solo antes da instalação do pomar, seguindo-se a mesma metodologia descrita anteriormente.

A amostragem é facilitada quando o solo está um pouco úmido. Antes da coleta, a superfície do terreno deve ser limpa, caso haja mato ou resto vegetal. Não coletar amostras em locais de formigueiro, de monturo, de coivara ou próximos ao curral.

As amostras simples podem ser coletadas com trado, com cano galvanizado de 1 ou 3/4 polegada ou, ainda, com enxadeco. No caso de usar o enxadeco, a amostra simples deve corresponder a uma fatia estreita de terra com 0 cm a 20 cm de profundidade.

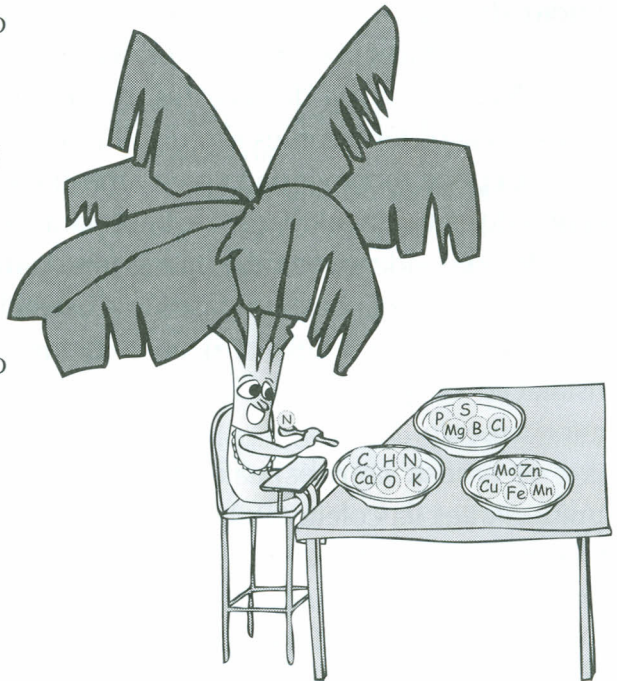
Deve-se tomar cuidado, no caso de uso de ferramentas como enxada e enxadeco, para que todas as amostras simples sejam coletadas na mesma profundidade e tenham o mesmo volume.

Nota: *é aconselhável repetir a amostragem para a análise de solo a cada 2 anos e guardar os resultados da análise anterior.*

Quais os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas?

São conhecidos 16 nutrientes considerados essenciais:

- Carbono (C).
- Hidrogênio (H).
- Oxigênio (O).
- Nitrogênio (N)
- Fósforo (P).
- Potássio (K).
- Cálcio (Ca).
- Magnésio (Mg).
- Enxofre (S).
- Boro (B).
- Cloro (Cl).
- Cobre (Cu).
- Ferro (Fe).
- Manganês (Mn).
- Molibdênio (Mo).
- Zinco (Zn).



O carbono (C) é fornecido pelo gás carbônico (CO_2) da atmosfera, o hidrogênio (H) pela água (H_2O) do solo, e o oxigênio (O) provém tanto da água do solo como do gás carbônico atmosférico.

Os outros 13 nutrientes são fornecidos pela própria disponibilidade natural do solo, ou pela adição de adubos. Desses 13 nutrientes, N, P, K, Ca, Mg e S são chamados de macronutrientes, porque são absorvidos em grandes quantidades pelas plantas, e os demais, de micronutrientes, porque são absorvidos em pequenas quantidades.

O que é nível crítico de um elemento no solo?

É o nível em que, partindo-se dele, a probabilidade de a planta responder à adubação é mínima ou nula.

Tendo-se conhecimento desse nível, evita-se adubar em excesso, o que é prejudicial tanto financeiramente como tecnicamente, uma vez que provoca desequilíbrio de nutrientes na planta e pode concorrer para degradação/contaminação do solo e dos mananciais de água.

O que é calagem?

Consiste na aplicação de materiais corretivos ao solo, calcários propriamente ditos e calcários calcinados, para:

- Corrigir a acidez do solo, elevando o pH.
- Diminuir ou anular os efeitos tóxicos das altas concentrações de Al (alumínio), de Fe (ferro) e de Mn (mangânês).
- Aumentar os teores de Ca (cálcio) e de Mg (magnésio) trocáveis do solo.
- Aumentar a disponibilidade e o aproveitamento de nutrientes como P (fósforo), K (potássio), S (enxofre) e Mo (molibdênio).
- Melhorar a estrutura do solo.
- Aumentar a atividade de microrganismos, pela decomposição da matéria orgânica e fixação de N (nitrogênio).

Como regra geral, aconselha-se proceder-se à calagem com a maior antecedência possível. Um período de 60 dias é suficiente, desde que haja umidade suficiente no solo, para que ocorram as reações de neutralização do Al^{3+} trocável e de elevação do pH.

O grau de moagem do corretivo é muito importante, pois quanto mais fino o material, menor tempo demandará para a neutralização da acidez. Assim, os calcários calcinados, por seu alto poder relativo de neutralização total (PRNT), têm efeito mais rápido que os calcários tradicionais.

A qualidade do produto usado – e o custo de aplicação na lavoura – são pontos fundamentais que o agricultor deve considerar na escolha do corretivo. Corretivos de baixa qualidade geralmente são mais baratos, mas em compensação devem ser usados em quantidades maiores, para corrigir a acidez dos solos.

Um dos fatores que determinam a qualidade de um corretivo é a soma dos teores de CaO e de MgO (poder neutralizante – PN) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores mínimos de poder neutralizante (PN) e da soma dos teores de CaO e MgO de corretivos da acidez do solo.

Material	PN	CaO + MgO
	%	
Calcários	67	38
Cal virgem agrícola	125	68
Cal hidratada agrícola	94	50
Escórias	60	30
Calcário calcinado agrícola	80	43
Outros	67	38

O aumento da quantidade também aumenta o custo do transporte até a propriedade, bem como o custo da aplicação por área de terra corrigida.

Portanto, o custo final da correção de acidez do solo com um corretivo barato, mas de baixa qualidade, pode ser maior do que com um corretivo mais caro, mas de melhor qualidade.

Para o agricultor, o corretivo mais vantajoso é aquele que corrige a acidez dos seus solos com menor custo.

38

O que significa PRNT do calcário?

Significa “poder relativo de neutralização total” e refere-se às características químicas e físicas do calcário ou material corretivo.

Assim, quanto maior o PRNT, maior a eficiência desses materiais.

Em termos práticos, existem dois fatores que determinam a eficiência de um corretivo:

- Teores de CaO e MgO (poder neutralizante – PN).
- Grau de moagem (eficiência relativa – ER).

Uma norma estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), sobre uso de calcário, determina que, para comercialização, o calcário deve apresentar os valores mínimos de 67% para PN e de 45% para PRNT.

O poder de neutralização (PN) de um material corretivo é dado pela quantidade de ácido que esse material é capaz de neutralizar, o que depende de sua natureza química e do grau de pureza.

O carbonato de cálcio (CaCO_3) puro é tomado como padrão, sendo seu PN considerado como 100%. Com isso, o PN é expresso em porcentagem equivalente de CaCO_3 .

39 Para que serve o gesso?

O gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sal neutro, composto de cálcio (Ca) como cátion e de sulfato (SO_4) como ânion, apresentando duas moléculas de água (H_2O). Possui em torno de 13% de cálcio e 16% de enxofre.

Tanto o gesso de jazidas minerais quanto o gesso agrícola, ou fosfogesso, podem ser usados, com alguma vantagem para o último, pelo grau de finura, por ser mais solúvel e por conter resíduos de P (fósforo).

A aplicação de gesso deve ser feita com muito cuidado, principalmente em solos arenosos, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC). Recomenda-se o uso de gesso apenas em algumas situações, como:

- Em solos com excesso de Na (sódio). Nesse caso, a aplicação de gesso deve ser seguida de irrigação abundante e de drenagem eficiente.

- Em solos que apresentem alumínio (Al^{3+}) na camada subsuperficial.

Em solos com relação Ca:Mg próxima de 1:1. Nos dois últimos casos, o gesso deve ser aplicado juntamente com o calcário dolomítico, na dose de 1/3 a 1/4 da quantidade recomendada de calcário.

40

O que é e como se faz a adubação de base ou de fundação?

É a aplicação de uma quantidade maior de adubos em covas ou em sulcos profundos.

Devem-se misturar os fertilizantes com a terra da cova ou do sulco. Essa adubação é feita antes do plantio. Por isso, é conhecida, também, como adubação de plantio.

Em culturas perenes já estabelecidas, também se faz adubação de fundação uma vez por ano, ou por ciclo de produção.

41

O que é e como se faz a adubação de cobertura?

É um tipo de adubação em que os adubos são colocados sobre a superfície do solo ou em sulcos rasos de 20 cm a 30 cm de largura.

Essa adubação é sempre feita após o plantio, com o bordo externo coincidindo com a projeção da copa. Essa localização é indicada, também, para adubação de base.

Dependendo do espaçamento da cultura ou do sistema radicular, os fertilizantes são distribuídos de forma contínua ou em pequenos intervalos de espaço, de modo que se localizem próximo às raízes mais finas da planta, que são as mais eficientes na absorção de nutrientes.

Quais os adubos mais usados na adubação de base e na adubação de cobertura?

Os adubos mais usados na adubação de base e na adubação de cobertura são mostrados nas Tabelas 2 e 3

Tabela 2. Fertilizantes como fonte de nutrientes mais usados na adubação de base.

Fertilizante	Nutriente	Concentração
Superfosfato simples	P, Ca e S	18% de P_2O_5 19% de Ca 11% de S
Superfosfato triplo	P e Ca	42% de P_2O_5 13% de Ca
Fosfato monoamônio (MAP)	P e N	48% de P_2O_5 9% de N
Fosfato diamônico (DAP)	P e N	45% de P_2O_5 16% de N
Termofosfato	P e Ca	14% a 17% de P_2O_5 32% de Ca
Fosfatos naturais	P e Ca	Varia com a origem
Cloreto de potássio	K e Cl	58% de K_2O 47% de Cl
Sulfato de potássio	K e S	48% de K_2O 16% de S
Sulfato de magnésio	Mg e S	9% de Mg 13% de S
Óxido de magnésio	Mg	55% de Mg
Fertilizantes como fontes de micronutrientes	Micro	Variável
Fórmulas comerciais	N, P e K	Variável
Orgânicos (esterços de curral e de galinha, e torta de mamona)	Todos	Variável

Tabela 3. Fertilizantes como fonte de nutrientes mais utilizados na adubação de cobertura.

Fertilizante	Nutriente	Concentração
Ureia	N	45% de N
Sulfato de amônio	N e S	20% de N 23% de S
Nitrato de cálcio	N e Ca	14% de N 19% de Ca
Cloreto de potássio	K e Cl	58% de K ₂ O 47% de Cl
Sulfato de potássio	K e S	48% de K ₂ O 16% de S
Fórmulas comerciais menos concentradas em fósforo	N, P e K	Variável

43

Qual a quantidade dos adubos usados na adubação de fundação e na adubação de cobertura?

Geralmente, as recomendações de adubação são feitas em quilo por hectare (kg/ha) ou grama por planta (g/planta) do nutriente. Assim, para se calcular as quantidades de adubo, que possam atender aos níveis de adubação recomendados, deve-se conhecer a concentração de nutriente em cada adubo.

Exemplo disso é a cultura da videira em plena fase de produção, em que foram recomendados 80 g de P₂O₅ e 30 g de K₂O por planta na adubação de base e 100 g de N e 70 g de K₂O na adubação de cobertura. Nesta última, deve-se parcelar a dose de N em quatro aplicações e a de K em três.

Nesse caso, foram adquiridos os fertilizantes ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P₂O₅) e cloreto de potássio (58% de K₂O).

Agora, para encontrar as quantidades necessárias, deve-se usar regra de três.

Para adubação de base, têm-se os seguintes cálculos:

a) 80 g de P₂O₅ ----- X g de superfosfato simples

18 g de P_2O_5 ----- 100 g de superfosfato simples
X = 445 g de superfosfato simples

b) 30 g de K_2O ----- X g de cloreto de potássio
58 g de K_2O ----- 100 g de cloreto de potássio
X = 52 g de cloreto de potássio

Portanto, na adubação de base serão aplicados 445 g de superfosfato simples e 52 g de cloreto de potássio por planta. Para adubação de cobertura, têm-se os seguintes cálculos:

a) 100 g de N ----- X g de ureia
45 g de N ----- 100 g de ureia
X = 223 g de ureia

70 g de K_2O ----- X g de cloreto de potássio
58 g de K_2O ----- 100 de cloreto de potássio
X = 121 g de cloreto de potássio

Assim, na adubação de cobertura, serão aplicados 223 g de ureia e 121 g de cloreto de potássio por planta, sendo que a quantidade de ureia será parcelada em quatro aplicações e a de cloreto de potássio em três.

44

Na adubação de cobertura, o que se deve fazer para evitar ou diminuir as perdas de N (nitrogênio)?

Fertilizantes nitrogenados, como ureia e sulfato de amônio, devem ser aplicados em sulcos rasos e cobertos com terra, para evitar perdas por volatilização, ou seja, perdas de N para a atmosfera, na forma de amônia.

As condições que favorecem as perdas de N via volatilização são, principalmente, altas temperaturas, associadas à alta umidade do solo (antes da aplicação), pH elevado e presença de palhada na superfície, que estimula a urease (enzima que transforma a ureia em amônia) ou a liberação de altas quantidades de amônia.

Outro fator que aumenta a perda da ureia, na forma de amônia, em alguns solos, é a calagem superficial, devido ao aumento do pH. Uma das maneiras mais eficientes para reduzir as perdas de N por volatilização é por meio da incorporação do fertilizante na camada de 0 cm a 5,0 cm durante as coberturas.

Fórmulas comerciais contendo amônio e ureia, ou cloreto de potássio e ureia, também reduzem as perdas. No primeiro caso, as perdas são diminuídas porque o sulfato de amônio libera íons H^+ durante as reações de nitrificação, baixando o pH do solo.

Durante a decomposição da ureia, o pH em volta do grânulo do fertilizante chega em torno de 7 a 9. Em pH elevado, predomina no solo a amônia, a qual é perdida por volatilização. A aplicação do cloreto de potássio com a ureia diminui o pH da mistura e as perdas por volatilização.

É importante salientar que a ocorrência de chuvas ou a aplicação de água via irrigação, após as adubações, incorpora o fertilizante e as perdas são diminuídas. Por sua vez, chuvas pesadas podem conduzir a perdas de N por lavagem no perfil (lixiviação), principalmente em solos arenosos.

Outro aspecto importante a ser ressaltado é que as perdas por volatilização são maiores nas regiões mais quentes do País. Deve-se evitar a aplicação de N na forma de nitrato, como nitrato de cálcio, em solos alagados, porque há perdas por desnitrificação, isto é, o nitrato é reduzido a óxido nitroso ou a N elementar e se perde na atmosfera em forma de gás.

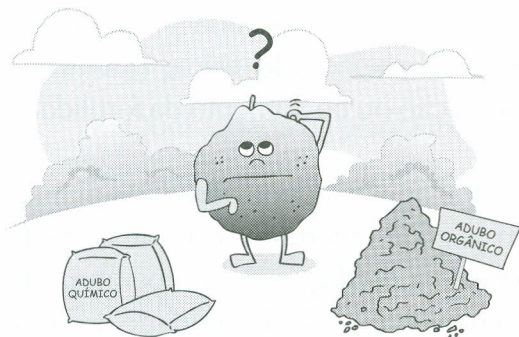
O parcelamento das adubações nitrogenadas também deve ser usado como forma de reduzir as perdas por volatilização ou lixiviação, aumentando a eficiência da adubação com esse nutriente. Irrigações pesadas também podem provocar perda de N, por meio da lixiviação de nitrato pela água de percolação para camadas mais profundas do perfil do solo.

Quando se incorpora material vegetal ao solo que tenha uma relação C/N muito larga, como palha de milho e de arroz, pode haver perdas de N por imobilização através dos microrganismos do

solo, que vão necessitar desse elemento que estava disponível para as culturas, para decompor o material vegetal.

45

A adubação mineral (química) pode substituir a adubação orgânica e vice-versa?



A adubação mineral melhora as condições químicas do solo, fornecendo nutrientes para as plantas. Já a adubação orgânica, além de melhorar as condições químicas melhora também as condições físicas e biológicas do solo, que tam-

bém são importantes no desenvolvimento das plantas. Portanto, em solos com problemas de estrutura (muito arenosos, adensados ou compactados) e/ou pobres em matéria orgânica, como os das regiões semiáridas, de baixa atividade biológica, a adubação mineral não substitui a adubação orgânica.

Por sua vez, considerando-se que a concentração de nutrientes nos adubos orgânicos é baixa (em torno de 0,5% de N, 0,3% de P_2O_5 e 0,5% de K_2O no esterco de curral), seria necessário usar uma quantidade muito grande de adubo orgânico para corrigir plenamente as condições químicas dos solos, o que se torna impraticável, porque a disponibilidade de adubos orgânicos é pequena e seu preço é alto. Além disso, o manuseio de adubo orgânico (transporte e aplicação) em grandes quantidades torna-se muito oneroso e trabalhoso.

Atualmente, já existem, no mercado, alguns tipos de adubos orgânicos industrializados, com concentração de nutrientes quase dez vezes mais alta que a do esterco de curral, porém, mais baixa que a dos adubos minerais, o que torna o preço dos nutrientes dos adubos orgânicos mais alto que o dos adubos minerais.

Assim, torna-se inviável substituir toda a adubação mineral pela adubação orgânica. Portanto, devem-se adotar as duas, sendo uma complemento da outra.

46 O que é adubação verde?

É a incorporação ao solo de plantas de elevada produção de biomassa, ricas em nutrientes, para melhorá-lo física, química e biologicamente, visando à conservação ou ao aumento da fertilidade do solo.

Atualmente, é comum cortar e deixar a parte aérea das plantas sobre a superfície do solo, em vez de enterrá-la, porque o efeito torna-se mais prolongado e diminui a oscilação da temperatura do solo, o nascimento de ervas daninhas e a perda de umidade do solo, por evaporação.

A época recomendada para o corte ou a incorporação dessas plantas ao solo é quando essas plantas encontram-se em plena floração, coincidindo com a fase de maior concentração de nutrientes e de fácil manuseio de seu material no solo.

47 O que é e para que serve a análise foliar?



A análise foliar é um método de análise química do tecido vegetal e serve para avaliar o estado nutricional atual das plantas, sendo muito útil para se confirmar um diagnóstico de deficiência ou de excesso de algum nutriente. Nas culturas perenes, a análise foliar é de grande utilidade para se recomendar a adubação ideal.

A metodologia de amostragem não pode ser única para todas as plantas. Para cada cultura, há uma metodologia própria, de modo que a análise foliar possa representar fielmente o estado nutricional das plantas.

Para isso, é importante saber:

- Qual a parte da planta e em que época ela deve ser coletada.
- Qual a idade da planta e quando se deve fazer a amostragem.
- Qual o número de coletas para formar uma amostra, que varia de uma espécie para outra.

Na amostragem, alguns cuidados devem ser tomados, independentemente da cultura:

- A amostragem deve ser feita por idade e variedade da cultura e para cada tipo de solo.
- A amostragem deve ser feita antes de se adubar, devendo-se aguardar um prazo mínimo de 7 dias depois das pulverizações foliares. Deve-se evitar, também, fazer amostragem após a ocorrência de chuvas fortes.
- Evitar coletar material que esteja afetado por doença e praga, de plantas localizadas em formigueiro, monturo e próximas a veredas e/ou perto de abrigo de animais.
- A folha, ou parte dela, é a parte da planta mais usada na amostragem.
- Não se conhecendo a metodologia própria de amostragem para uma determinada cultura, como regra geral, pode-se usar a folha recentemente madura, na época da floração plena da planta, como o tecido vegetal a ser amostrado.
- Após a coleta, devem-se acondicionar as amostras em sacos de papel, identificando-as e enviando-as imediatamente a um laboratório. Se isso não for possível, devem-se armazená-las em ambiente refrigerado.

49 O que é adubação foliar?

É a aplicação de soluções contendo compostos químicos ou orgânicos às folhas. Isso é possível devido à habilidade das plantas em absorver nutrientes através das folhas.

50 A adubação foliar é capaz de dispensar a adubação no solo?

Trabalhos de pesquisa demonstram que esse tipo de adubação proporciona economia de adubos.

No entanto, não se deve pensar que a adubação foliar possa substituir o fornecimento de nutrientes via solo, embora, em alguns casos isolados, seja possível demonstrar que a exigência nutricional pode ser suprida exclusivamente via foliar.

Na prática, muitas vezes isso não é economicamente viável, além de ocorrer problemas como a queima das folhas, em consequência de elevadas concentrações de fertilizantes com índice salino elevado.

51 Na adubação foliar, os nutrientes quelatizados são mais eficientes?

Nem sempre. Isso depende do agente quelatizante e do nutriente. A legislação brasileira sobre fertilizantes foliares é bastante flexível, permitindo que sejam usados quaisquer agentes quelatizantes, desde melão de cana (de baixa eficiência), até agentes mais eficientes como EDTA, DTPA, EDDHA e HEDTA.

Outro problema de nossa legislação é que, no rótulo das embalagens de fertilizantes, não existem informações sobre a concentração do nutriente que se encontra quelatizado. Com relação ao nutriente, observa-se que normalmente a quelatização aumenta a absorção de cátions micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn).

No caso do Zn (zinco), a quelatização de óxido de zinco (de baixa solubilidade), com DTPA, é mais eficiente que a de sulfato de zinco, com o mesmo agente.

Contudo, a absorção de nitrato de zinco e cloreto de zinco (obtido pela mistura de sulfato de zinco com cloreto de potássio) mostra-se mais eficiente que a de Zn-EDTA.

52

Todas as culturas respondem de maneira semelhante à adubação foliar?

Não. A adubação foliar tem demonstrado melhores resultados em culturas perenes e hortícolas.

Em culturas anuais de ciclo curto, quando a deficiência de um determinado nutriente é severa, a ponto de exteriorizar-se com o aparecimento de sintomas visuais nas folhas, o dano fisiológico causado não mais será sanado pela adubação foliar corretiva.

Como a correção do elemento deficiente só poderá ser feita para a safra seguinte, é recomendável que a aplicação do elemento em deficiência seja executada via solo, para que o efeito residual seja extensivo às safras seguintes.