

Capítulo 4 – Água e nutrientes do solo

4.1 Considerações iniciais

Como os seres humanos, as plantas também precisam de nutrientes para crescer, desenvolver e frutificar, sendo que esses nutrientes são absorvidos do solo. No entanto, nem sempre existe um estoque de nutrientes suficiente (disponível) para que as plantas consigam atingir o seu potencial. Assim, torna-se necessário conhecer os nutrientes essenciais, quais as suas funções e como podemos fornecê-los à planta.

4.2 Critérios de essencialidade dos nutrientes

Existem na natureza mais de cem elementos químicos. Caso eles estejam presentes no solo, as plantas podem absorvê-los. Mas para que um elemento seja considerado como nutriente, ele precisa atender a um dos critérios:

- **Critério direto** – o elemento é parte constituinte de células e órgãos da planta.
- **Critério indireto** – o elemento é necessário para que aconteça algum processo do desenvolvimento da planta e não pode ser por outro.

Dessa forma, temos definidos, até o momento, para as plantas, **16 nutrientes**: carbono (**C**), hidrogênio (**H**), oxigênio (**O**), nitrogênio (**N**), fósforo (**P**), potássio (**K**), cálcio (**Ca**), magnésio (**Mg**), enxofre (**S**), ferro (**Fe**), manganês (**Mn**), zinco (**Zn**), cobre (**Cu**), boro (**B**), cloro (**Cl**) e molibdênio (**Mo**).



Além disso, existem alguns nutrientes que são considerados benéficos, ou seja, são importantes para algumas espécies, mas não foi provada sua essencialidade para todas as plantas, são eles: cobalto (Co), sódio (Na), silício (Si) e selênio (Se).

Por outro lado, também existem elementos que são considerados tóxicos, ou seja, prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O principal elemento tóxico é o alumínio (Al).

4.3 Macronutrientes

Os macronutrientes são os nutrientes absorvidos pelas plantas em grandes quantidades. Por isso, geralmente, sua concentração é expressa em g/kg, ou seja, gramas de nutriente por quilograma de planta. Dentre esses, o carbono (C), o oxigênio (O) e o hidrogênio (H) são obtidos através do ar e da água.

Os demais macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), também chamados macronutrientes minerais, são absorvidos do solo e, por isso, estudaremos um pouco mais de suas funções e de como podemos fornecê-los às plantas.

4.3.1 Nitrogênio (N)

É o nutriente mineral exigido em maior quantidade. Atua como parte do material genético, das proteínas e de enzimas, estando presente em todas as células e participando da maioria dos processos que a planta realiza. Geralmente é fornecido para as plantas pela matéria orgânica do solo e através da adubação mineral. O nitrogênio é um elemento que sofre muitas alterações no solo e, também, é muito suscetível à perdas. Sua aplicação se dá através de fontes orgânicas e de adubos solúveis (principalmente a ureia).

4.3.2 Fósforo (P)

É exigido, também, em grandes quantidades, por fazer parte do transporte de energia no interior da planta. Diferentemente do N, esse é um elemento pouco móvel no solo. Por outro lado, apresenta alta afinidade com os óxidos presentes no solo. Assim, uma parte acaba se tornando indisponível. Como consequência, seu fornecimento é feito em pré-plantio e as reposições são realizadas anualmente. As principais fontes desse nutriente são os dejetos de animais e os adubos solúveis: superfosfato simples, superfosfato triplo, etc.

4.3.3 Potássio (K)

Não participa diretamente da estrutura da planta, mas atua no equilíbrio osmótico. É retido com força intermediária no solo, por isso, sua aplicação se dá anualmente. Deve-se tomar cuidado em solos arenosos, pois se corre o risco de perdas por lixiviação. A principal fonte mineral é o cloreto de potássio.

4.3.3 Cálcio (Ca)

É constituinte da parede celular e por isso atua contribuindo com a resistência dos órgãos das plantas. Além disso, nas frutíferas, atua nos frutos, sendo por isso necessário em quantidades consideráveis. Geralmente é fornecido ao solo pela calagem, podendo-se usar o gesso e, para complementação aos frutos, em formas mais solúveis, como o nitrato de cálcio.

4.3.5 Magnésio (Mg)

Tem importante função como componente da clorofila (pigmento que dá cor verde as plantas e que permite a realização da fotossíntese). Seu fornecimento se dá em quantidades suficientes através da calagem, quando utilizamos calcário dolomítico.

4.3.6 Enxofre (S)

Tem funções de cofator enzimático. Também é pouco retido no solo, por estar em forma de sulfato. As principais fontes são a deposição atmosférica, decorrente da poluição industrial, a matéria orgânica do solo, o gesso agrícola e o enxofre elementar. Indiretamente, quando se usa calda bordalesa ou sulfocálcica para controle de doenças, o enxofre é fornecido ao sistema, podendo ser absorvido pelas folhas (em quantidades pequenas) ou ser levado ao solo e absorvido pelas raízes.

4.4 Micronutrientes

Todos os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades e atuam como cofatores na ação enzimática ou no transporte de energia. Geralmente, existem em quantidades satisfatórias no solo ou são fornecidos em quantidades suficientes com a aplicação de fontes orgânicas.

Apesar disso, como são elementos metálicos, correm risco de deficiência em algumas condições específicas, como pH elevado, solos arenosos e pobres em matéria orgânica.

Como regra geral, as condições que favorecem a deficiência de micronutrientes são vistas no Quadro 7.1.

Quadro 7.1: Condições favoráveis a deficiência dos principais micronutrientes	
Micronutriente	Condição que favorece a deficiência
Boro (B)	Espécies exigentes (alfafa, girassol), solos arenosos e pH alto
Cobre (Cu)	Solos orgânicos ou arenosos e pH alto
Zinco (Zn)	pH alto e solos arenosos
Molibdênio (Mo)	Baixo pH do solo e alto teor de óxidos de ferro
Manganês (Mn)	Solos arenosos e pH alto

4.5 Elementos úteis

Existem, ainda, alguns elementos que não atendem aos critérios de essencialidade, mas apresentam efeitos benéficos para algumas culturas.

Eles podem atuar induzindo resistência a doenças, através do fortalecimento da parede celular, colaborando com a absorção de outros nutrientes ou atuando em algum processo específico. Em pesquisas recentes, vem apresentando destaque o silício (Si), que atua fortalecendo a parede celular.

4.6 Elementos tóxicos

Elementos tóxicos existentes no solo são aqueles que, de alguma forma, prejudicam o crescimento ou, no caso de nutrientes, quando estão em quantidades altas, acabam afetando as plantas ou prejudicando a absorção de outros nutrientes.

Devemos destacar o problema do alumínio (Al), pois ele está presente em todos os solos, como constituinte dos minerais. Mas nas condições de solos ácidos, que predominam no Brasil, ele se encontra livre na solução e, assim, pode ser absorvido pela planta, causando danos no sistema radicular.

Outro elemento que precisamos tomar o cuidado é o manganês (Mn), que apesar de ser um nutriente essencial das plantas, quando presente em grandes quantidades, pode ser tóxico. Essa condição acontece apenas em solos com pH muito baixo.

Em regiões de produção tradicional de videiras, um problema que pode ocorrer na replantação de um pomar na mesma área é toxidez por cobre (Cu), devido às aplicações sucessivas de calda bordalesa e outros fungicidas.

4.7 Adubação mineral

A adubação mineral é, atualmente, o principal meio utilizado na agricultura para o fornecimento dos nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas.

As principais vantagens da adubação mineral são:

- **Quantidade de nutrientes definida** – os adubos minerais, por serem produzidos industrialmente, apresentam quantidade conhecida de cada nutriente, o que permite o fornecimento correto para as plantas.
- **Alta solubilidade** – os fertilizantes industriais passam por tratamento químico, o que faz com que, ao serem dissolvidos no solo, tornem os nutrientes prontamente disponíveis.
- **Facilidade de aplicação** – a granulometria homogênea e as máquinas adaptadas existentes permitem uma distribuição eficiente sobre o solo.

Por outro lado, existem algumas desvantagens importantes e que devem ser consideradas na utilização da adubação mineral:

- **Alto custo** – ao considerar todo o custo industrial, bem como a necessidade de importação, os fertilizantes minerais são caros e dependem de cotações internacionais.
- **Fórmulas comerciais inadequadas** – apesar da disponibilidade, a maior parte dos fertilizantes é comercializada já formulada, o que dificulta o ajuste da dose.
- **Perdas por lixiviação e volatilização** – devido à alta solubilidade, a aplicação de fertilizantes minerais, se realizada de forma exagerada ou no momento inadequado, pode provocar perdas e, conseqüentemente, poluição ambiental. Um exemplo disso é o caso do nitrogênio, cuja principal

fonte, a ureia, precisa ser aplicada em condições favoráveis, para evitar perdas por volatilização de amônia e sua aplicação deve ser parcelada, visando minimizar as perdas por lixiviação, pois o N é pouco retido pelo solo.

No Quadro 7.2 são apresentados os principais fertilizantes minerais utilizados.

Quadro 7.2: Principais fertilizantes minerais e suas características

Fertilizante	Características
Ureia	Contém 45 % de nitrogênio. É a fonte mineral mais barata desse nutriente. É de fácil aplicação, mas deve-se tomar cuidado com a umidade, pois é altamente higroscópico.
Sulfato de amônio	Tem 20 % de nitrogênio. É uma fonte interessante, pois também adiciona enxofre ao solo.
Nitrato de cálcio	Possui 14 % de nitrogênio. Permite a adição de cálcio solúvel. Pode ser utilizado para adubação de cobertura e foliar.
Superfosfato simples	Possui 18 % de P_2O_5 . Apresenta, ainda, quantidades residuais de enxofre.
Superfosfato triplo	Possui 41 % de P_2O_5 . É um dos fertilizantes mais concentrados em fósforo.
MAP	Possui 48 % de P_2O_5 e 9 % de nitrogênio. É utilizado pelas misturadoras nas formulações comerciais e pode ser interessante para adubação de cobertura.
DAP	Possui 45 % de P_2O_5 e 16 % de nitrogênio. É utilizado pelas misturadoras nas formulações comerciais e pode ser interessante para adubação de cobertura.
Cloreto de potássio	Possui 58 % de K_2O . É a principal e mais barata fonte de potássio. É altamente solúvel e corrosivo, por isso, precisa-se cuidado com os equipamentos de aplicação.
Gesso agrícola (sulfato de cálcio)	Possui 16 % de cálcio e 13 % de enxofre. Utilizado para fornecer cálcio sem alterar o pH e como fonte de enxofre. Possui efeito de condicionador de solo, pois provoca a lixiviação de cátions em profundidade.
Micronutrientes	Em geral, as fontes de micronutrientes são altamente solúveis e podem ser utilizadas tanto para aplicação direta no solo, como para fertirrigação. Apresentam como dificuldade a distribuição homogênea, pois as quantidades aplicadas por hectare são pequenas.
Ácido bórico	Possui 17 % de boro.
Sulfato de cobre	Possui 13 % de cobre e 17 % de enxofre.
Sulfato de zinco	Possui 20 % de zinco e 17 % de enxofre.
Sulfato de manganês	Possui 26 % de manganês e 15 % de enxofre.
Molibdato de sódio	Possui 39 % de molibdênio.

7.8 Adubação orgânica

A adubação orgânica consiste na utilização de resíduos ou subprodutos de outras atividades, que possuam teores consideráveis de nutrientes e que podem atuar incrementando o teor de matéria orgânica do solo.

Dentre os principais produtos utilizados como adubo orgânico, temos: dejetos de animais, compostos, vermicompostos, restos de plantas, etc.

Dentre as vantagens de utilizarmos adubação orgânica podemos destacar:

- **Baixo custo** – geralmente esses resíduos orgânicos já existem na propriedade e podem reduzir o custo de adubação do pomar, substituindo parcial ou totalmente a adubação mineral.
- **Aumento de matéria orgânica do solo** – a matéria orgânica exerce papel fundamental na qualidade do solo, seja fornecendo nutrientes ou contribuindo para melhorar o ambiente para o crescimento radicular.
- **Aumento da atividade biológica** – o fornecimento de carbono e nutrientes, através de adubos orgânicos, possibilita o crescimento da população microbiana e da fauna do solo, que atuam na ciclagem de nutrientes e na promoção do crescimento das plantas.
- **Ação condicionadora no solo** – o aumento da matéria orgânica e a maior atividade de organismos aumenta a agregação do solo, a porosidade e, conseqüentemente, a retenção e disponibilização de água. Dessa forma, as raízes encontram um ambiente mais favorável ao seu crescimento.
- **Fornecimento de micronutrientes** – com adubação orgânica, pode se fornecer grande diversidade de micronutrientes, o que contribui para evitar deficiências. Mas nem sempre só essa fonte será suficiente para a manutenção da produtividade de culturas.
- **Possibilidade de produção orgânica** – quando essa for a única fonte de nutrientes e todo o sistema seguir as normas de produção estabelecidas pela legislação brasileira, poderá se obter um produto orgânico, com maior valor de mercado.

Apesar dessa série de benefícios, existem alguns problemas na utilização da adubação orgânica, sendo os principais:

- **Desbalanço de nutrientes** – na maioria das vezes, a quantidade de nutrientes existente nas fontes orgânicas não está de acordo com a necessidade das culturas.
- **Variabilidade no teor de nutrientes** – devido à diversidade de fontes e a variação na produção dessas (por exemplo, no caso de dejetos de animais, a alimentação, a categoria animal e até mesmo o armazenamento), não é possível ter certeza da sua composição. Assim, seria necessária uma análise de cada material, a cada aplicação. Infelizmente, essas análises não são corriqueiras e elevam o custo de produção. Por isso, se utilizam tabelas com a composição média.

- **Dificuldades de aplicação** – a aplicação de resíduos líquidos, como os dejetos, exige equipamentos especiais (que nem sempre existem na propriedade), enquanto que uma distribuição uniforme de um material sólido, como um composto, é complicada de ser realizada.

Sabendo dessas características, devemos tentar combinar a adubação orgânica e mineral, tentando obter o máximo de vantagens de cada uma delas.

Vejamos algumas características dos principais fertilizantes orgânicos existentes no Quadro 7.3.

Quadro 7.3: Fertilizantes orgânicos e principais características	
Fertilizante	Características principais
Cama de aviário	Apresenta entorno de 3-4 % de N e P. É uma fonte interessante, pois possui uma fração orgânica que levará um tempo para ser decomposta, atuando bem como condicionadora de solo.
Dejetos de suínos	Possuem de 3-4 % de N (sendo de 2-3 % de N amoniacal, prontamente disponível) e de 2-3 % de P. É uma fonte interessante, devido ao N prontamente disponível e pela disponibilidade constante, caso exista na propriedade. Deve-se evitar aplicar diretamente nos frutos, pelo risco de contaminação com microrganismos causadores de doenças.
Composto orgânico	Em média, possui 1 % de N e 1-3 % de P. São materiais livres de patógenos, que favorecem o acúmulo de matéria orgânica e são interessantes para a implantação do pomar como condicionadores de solo.
Cinzas de casca de arroz	Possuem um pequeno efeito de correção de acidez e são fontes de macro e micronutrientes.

A recomendação de adubação orgânica geralmente é feita, no caso de frutíferas, pelo nutriente em maior quantidade, pois os excessos, especialmente de N, afetarão a qualidade e quantidade de frutos produzidos. Assim, analisa-se o teor de nutrientes da fonte orgânica ou baseia-se em um teor médio e determina-se a quantidade máxima a ser aplicada, para evitar um desbalanço nutricional.