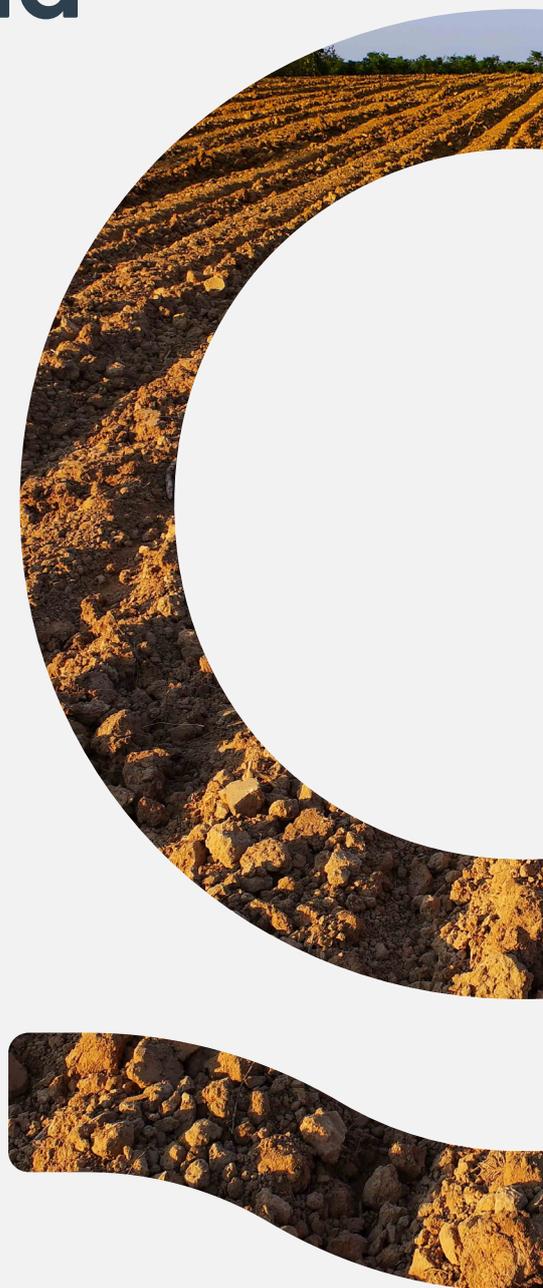


Fertilização racional: os 4C's como base de uma nutrição vegetal sustentável





A ANPIFERT – Associação Nacional de Produtores e Importadores de Fertilizantes considera essencial promover boas práticas de nutrição vegetal, assentes no rigor técnico e no equilíbrio entre as necessidades das culturas e a preservação dos solos. Só assim poderemos, enquanto sector, garantir a produtividade e sustentabilidade dos solos agrícolas portugueses a longo prazo.

Neste artigo, revemos os **princípios dos 4C's** – produto Certo, dose Certa, momento Certo e local Certo – como base para uma fertilização eficiente e responsável.

Fertilização racional

A aplicação equilibrada de fertilizantes exige uma análise cuidada das necessidades da cultura, tendo em conta os nutrientes disponíveis no solo, incluindo os provenientes de matéria orgânica. Este planeamento assenta numa boa compreensão da climatologia e topografia da exploração e das características do solo em cada parcela. O tipo e estado do solo influenciam o

desenvolvimento das culturas e, em conjunto com factores ambientais, determinam a absorção de nutrientes pelas plantas e a sua mobilidade no ambiente. A fertilização deve considerar a variabilidade do terreno. Factores como o tipo de cultura, o rendimento esperado, os nutrientes naturalmente disponíveis e a variação das exigências ao longo do ciclo fenológico são cruciais. O planeamento deve resultar da combinação entre método analítico e experiência local – uma base técnica sólida é essencial, mas a intuição e experiência agronómica não podem ser descuradas.

As exigências nutricionais de uma cultura agrícola variam entre parcelas e entre anos, por efeito das condições do solo e da meteorologia. Programas de fertilização estáticos, sem reavaliação periódica, podem gerar desequilíbrios e ineficiências. Uma fertilização racional deve ser dinâmica e adaptável, orientada para maximizar o rendimento e minimizar perdas por lixiviação, volatilização ou imobilização, garantindo o equilíbrio nutritivo dos solos, protegendo o ambiente e reduzindo custos para o agricultor.



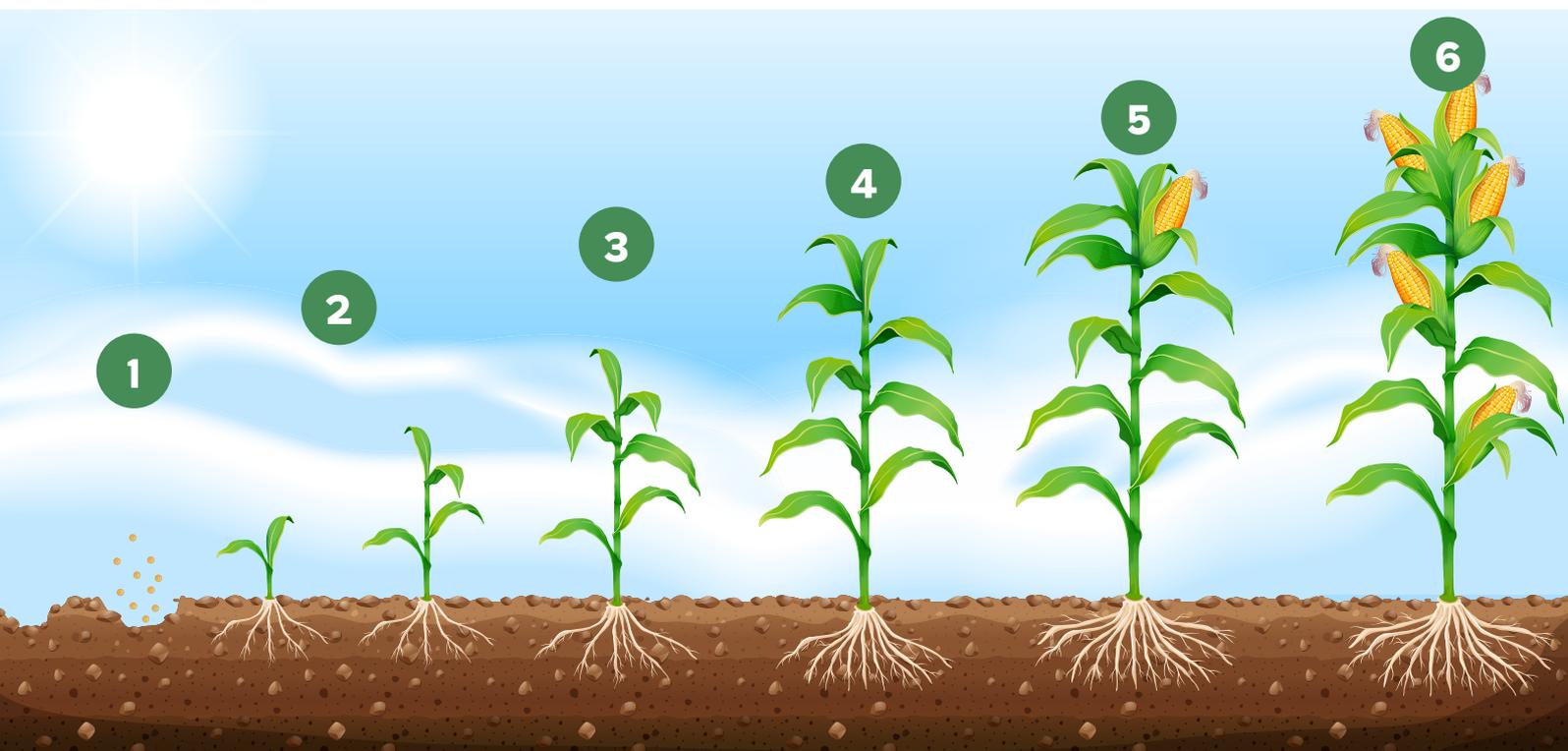


A eficiência na utilização dos nutrientes depende de um plano bem estruturado e pode ser significativamente promovida com produtos complementares e tecnologias adequadas. A gestão eficaz da fertilização começa com orçamentos nutricionais por parcela, considerando os nutrientes presentes no solo antes da sementeira (ou início do ciclo no caso de culturas lenhosas), os aportes previstos por mineralização, os resíduos da cultura anterior (incluindo culturas de cobertura) e as condições meteorológicas.

Cada cultura tem um perfil de exportação de nutrientes diferente e deixa resíduos com composições variadas. A palha dos cereais, por exemplo, sendo rica em carbono, pode imobilizar temporariamente azoto, exigindo correções. Já outros resíduos hortícolas decompõem-se rapidamente e libertam nutrientes de forma mais imediata. Estas diferenças exigem atenção agronómica específica. Assim sendo,

o plano de fertilização deve privilegiar os recursos orgânicos existentes na definição das necessidades de produtos minerais. A dose deve ser ajustada em função do teor, da forma química e da taxa de utilização dos nutrientes em cada material. Nutrientes móveis, como o azoto ou o enxofre, requerem aplicações faseadas e criteriosas. Nutrientes menos móveis, como o fósforo, potássio ou magnésio, tendem a ser aplicados em antecipação para garantir reservas no solo e nos tecidos da própria cultura.

As curvas de absorção nutricional das culturas são geralmente em forma de S: inicialmente baixas, aumentam com o crescimento e voltam a reduzir-se nas fases de maturação e senescência. Estas curvas variam com o ano agrícola, porque são directamente afectadas pela fenologia da cultura, pelo que as doses e o fracionamento devem ser ajustados conforme o desenvolvimento observado.





Todos estes factores convergem na aplicação prática dos **4C's da fertilização: produto Certo – dose Certa – momento Certo – local Certo.**

Este modelo promove a eficiência e reduz perdas ambientais.



Produto Certo

A selecção de cada produto deve atender à cultura, tipo de solo, clima e método de aplicação. A escolha deve considerar:

- Composição e disponibilidade de nutrientes em formas assimiláveis;
- Compatibilidade com o solo, evitando perdas por volatilização ou imobilização;
- Interações entre nutrientes, sinergias e antagonismos.
- É também essencial controlar eventuais contaminantes secundários, cuja presença está fortemente regulamentada na União Europeia.



Dose Certa

A determinação da dose baseia-se na:

- Disponibilidade nutricional (análises de solo, planta, resposta a ensaios);
- Fontes presentes na exploração (resíduos, estrumes, água de rega, outras fontes de nutrientes reciclados);

- Necessidades nutritivas da cultura (estimativa de rendimento e remoção);
- Perdas previsíveis – devem ser quantificadas e minimizadas;
- Viabilidade económica respeitando os limites ambientais e o ponto de equilíbrio custo/benefício que permitem o uso adequado de produtos fertilizantes a longo-prazo.



Momento Certo

Para obter rendimentos óptimos, os nutrientes devem estar disponíveis nos momentos críticos do ciclo da cultura. Se estiverem presentes demasiado cedo, podem ser perdidos por lixiviação ou imobilização em formas indisponíveis. Os nutrientes móveis como o azoto e o enxofre, presentes na solução do solo, devem ser aplicados de forma fraccionada para coincidir com a procura imediata da cultura. Nutrientes menos móveis, como o fósforo e o potássio, são absorvidos de forma mais lenta e podem ser aplicados com menor frequência.

A libertação de nutrientes depende também do tipo e momento da mobilização do solo. Por exemplo, lavouras no verão com elevadas temperaturas aceleram a mineralização do azoto orgânico. Este azoto, se mineralizado após a colheita, pode ser perdido durante o inverno. Pelo contrário, estratégias de mobilização mínima podem ajudar a conservar os nutrientes no solo.

A sincronização entre a absorção pelas culturas, a dinâmica da mineralização e a libertação dos fertilizantes é essencial. No caso dos produtos orgânicos, a temporização da mineralização



assume particular relevância. Os programas de fertilização orgânica exigem uma abordagem distinta dos programas com fertilizantes minerais, implicando conhecimento agronómico especializado.

A aplicação fraccionada é uma prática bastante comum, em Portugal e na Europa, e permite adaptar as doses aos diferentes estados fenológicos, respeitando simultaneamente limitações operacionais como caudais e taxas de diluição na fertirrigação ou a capacidade de aplicação instantânea, seja qual for a forma de aplicação.



Local Certo

O pleno potencial genético das plantas só é alcançado quando a estrutura do solo permite o desenvolvimento radicular e a exploração eficaz do volume do solo. Um bom solo deve garantir

uma porosidade adequada para o crescimento das raízes e facilitar o acesso aos nutrientes. Isto implica uma optimização de diversas operações como pulverizações foliares, fertirrigação ou aplicação localizada.

Para garantir boas condições radiculares, é frequente mobilizar o solo com lavouras que, além disso, incorporam resíduos e matéria orgânica nas camadas superficiais. No entanto, em solos leves, uma lavoura mal executada pode degradar a estrutura e, nesses casos, estratégias de mobilização reduzida devem ser incentivadas, sendo cada vez mais adoptadas pelos agricultores. A Agricultura de Conservação é um bom exemplo dessa questão. Uma boa compreensão da dinâmica solo-raiz é essencial para posicionar os nutrientes nas zonas de maior actividade radicular. Técnicas como a aplicação localizada, em bandas ou com recurso a fertirrigação localizada, asseguram uma nutrição eficaz das plantas e um melhor desempenho ao longo do ciclo da cultura.



A variabilidade da qualidade do solo dentro da mesma exploração ou parcela influencia também fortemente o rendimento potencial e as necessidades nutricionais. Um agricultor experiente deve conhecer bem essa variabilidade. Nesse âmbito, diversas tecnologias de Agricultura de Precisão permitem ajustar as doses de aplicação a diferentes zonas e culturas. Em campos extensos e heterogêneos, a aplicação uniforme é muitas vezes ineficaz, resultando em sobre e sub-fertilização localizadas. A forma física do fertilizante, a homogeneidade da mistura e diversos fatores ambientais como a topografia do terreno, os movimentos de água e drenagem no solo, o vento e a exposição solar afetam significativamente o padrão de distribuição. Têm-se verificado avanços significativos ao nível da calibração da maquinaria, bem como o aparecimento e amadurecimento de diversas tecnologias como

os mapas de biomassa por satélite, imagens aéreas, sensores e ferramentas de diagnóstico, que permitem otimizar os programas de fertilização. No entanto, a sua adoção deve ser precedida de uma análise rigorosa do custo-benefício, da escala de produção e da viabilidade operacional.

O uso de sistemas de aplicação com fertilizantes solúveis, líquidos ou foliares tem também ganho bastante importância em culturas lenhosas e frutícolas, especialmente no contexto da agricultura moderna e de regadio em Portugal. Estas tecnologias asseguram um fornecimento eficaz de nutrientes com perdas mínimas e permitem uma complementaridade eficaz com outros produtos de interesse para a nutrição vegetal, como bioestimulantes, fertilizantes organominerais ou outros produtos de base microbiológica.

Conclusão

A fertilização racional, baseada nos princípios dos 4C's, representa uma abordagem fundamental para melhorar a eficiência do uso de nutrientes, proteger os nossos solos e outros recursos naturais e aumentar a rentabilidade agrícola. A sua aplicação exige conhecimento técnico, planeamento cuidado e capacidade de adaptação às condições específicas de cada exploração e de cada ano. Promover esta abordagem é essencial para garantir uma agricultura produtiva, ambientalmente responsável e resiliente no contexto dos desafios actuais da sustentabilidade e segurança alimentar. A ANPIFERT continuará empenhada em divulgar boas práticas e apoiar os profissionais do setor nesta transição para uma nutrição vegetal cada vez mais eficiente e equilibrada.

