

– O CONCEITO 4C – SELECIONANDO A FONTE CERTA DE FERTILIZANTE¹

Robert Mikkelsen²
Greg Schwab³
Gyles Randall⁴

1. INTRODUÇÃO

O conceito sobre manejo de fertilizantes 4C foi desenvolvido para associar idéias quanto à seleção da fonte certa, da dose certa, da época certa e do local certo na recomendação de nutrientes. No primeiro artigo desta série (ver jornal de junho de 2009, página 15) foi discutida a utilização deste manejo para a obtenção do melhor resultado com a aplicação de fertilizantes. O presente artigo destaca a importância da seleção da **fonte** correta de fertilizante para alcançar suas metas individuais, as quais se juntarão aos objetivos econômicos, ambientais e sociais específicos. Embora o foco seja a seleção da fonte correta, nenhuma decisão pode ser tomada sem se considerar a dose, a época e o local correto para atingir os melhores resultados.

A idéia de selecionar a fonte mais adequada de nutrientes parece um conceito simples, mas muitos fatores precisam ser considerados ao se fazer essa escolha. Exigências nutricionais da planta, condições do solo, problemas relacionados à entrega do fertilizante, riscos ambientais, preço do produto e restrições econômicas são todas considerações importantes a serem analisadas quando na escolha da fonte mais adequada de fertilizante. Algumas decisões devem ser baseadas na disponibilidade de materiais a uma distância razoável. A acessibilidade a equipamentos de aplicação de fertilizante pode também reduzir as opções. É tentador confiar na tradição e experiência ao se fazer essas decisões, mas uma análise cuidadosa desses fatores ajuda os agricultores a obter o máximo de benefício desses recursos valiosos e do investimento econômico significativo que eles representam.

A seleção da fonte certa de fertilizante começa com a determinação dos nutrientes que são realmente necessários para o ótimo crescimento da planta. Esta decisão deve ser feita com a ajuda de testes diagnósticos, como análises de solo e de tecidos vegetais. Estes testes precisam ser feitos antes da aplicação dos fertilizantes. Se esta informação não estiver disponível, as aplicações de nutrientes podem ser feitas com base nas taxas de remoção de nutrientes pelas culturas ou na experiência pessoal do consultor ou do agricultor, ou seja, com base no conhecimento sobre as práticas culturais e de uso de fertilizantes utilizadas no passado, em uma determinada área. No entanto, adivinhar a exigência adequada de nutrientes pode conduzir a inúmeros problemas associados a sub ou superfertilização ou pode levar à negligência de nutrientes específicos, conduzindo a deficiências graves. É fundamental obter

as necessárias informações de diagnóstico para cada área antes da decisão de adubação.

É comum, na análise, o foco em um único nutriente, que está em baixa disponibilidade, ao invés de considerar todos os nutrientes. Por exemplo, a deficiência de nitrogênio (N) é fácil de ser detectada devido aos sinais de crescimento atrofiado e às folhas cloróticas. No entanto, não se obtém o máximo aproveitamento da aplicação de N se as deficiências secundárias de nutrientes, como as de fósforo (P) e potássio (K), também não forem corrigidas (Figura 1). Embora, muitas vezes, o foco esteja em um nutriente em particular, eles devem atuar em conjunto para sustentar o crescimento adequado das plantas.

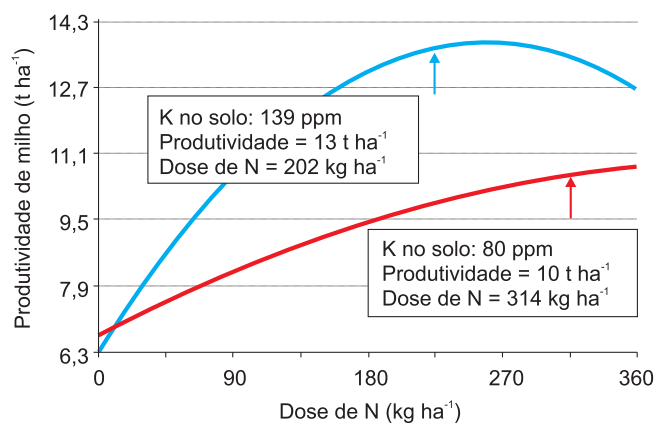


Figura 1. Rendimentos elevados de milho são obtidos com menores doses de nitrogênio quando outros nutrientes, como potássio, estão presentes em concentrações adequadas. A nutrição equilibrada é fundamental para melhorar os rendimentos e minimizar as perdas de nitrogênio do fertilizante.

Fonte: MURRELL e MUNSON (1999).

2. FORMAS DE FERTILIZANTES

A seleção da fonte certa de fertilizante frequentemente começa com a escolha da forma com que os nutrientes serão aplicados.

2.1. Fertilizantes fluidos

Os adubos fluidos são populares devido à sua versatilidade em relação à mistura de muitos nutrientes, compondo um material homogêneo que pode ser aplicado uniformemente no campo. Por

Abreviações: APP = polifosfato de amônio; DAP = fosfato diamônio; K = potássio; MAP = fosfato monoamônio; N = nitrogênio; P = fósforo; S = enxofre; SSP = superfosfato simples; TSP = superfosfato triplo.

¹ Traduzido do original "The four fertilizers rights: selecting the right source", disponível em: <http://www.tfi.org/publications/Article%202.pdf>.

² International Plant Nutrition Institute, Merced, CA, Estados Unidos; email: rmikkelsen@ipni.net

³ University of Kentucky, Lexington, Estados Unidos; email: gjschw2@uky.edu

⁴ University of Minnesota, Waseca, Estados Unidos; email: grandall@soils.umn.edu

exemplo, os adubos fluidos são eficazes e apresentam flexibilidade quando aplicados como fertilizantes de arranque ou gotejados em cobertura, e também apresentam bom desempenho quando aplicados com a água de irrigação. Eles são fáceis de ser manuseados e são excelentes veículos para uso com micronutrientes, herbicidas e pesticidas.

Os fertilizantes líquidos podem se apresentar na forma de soluções ou suspensões, as quais são apropriadas em algumas situações. As suspensões podem ser preparadas com materiais menos solúveis e pode-se alcançar maior concentração de nutrientes, quando comparadas às soluções. Quantidades elevadas de micronutrientes podem ser incorporadas às suspensões, bem como herbicidas e inseticidas na forma de pó, os quais não são apropriados para mistura com fertilizantes convencionais.

2.2. Fertilizantes sólidos

• Fertilizante granulado

Em muitas circunstâncias, o fertilizante granulado, contendo proporções variáveis de NPK e de outros nutrientes, é uma boa escolha. O fertilizante granulado pode ser mais facilmente transportado e aplicado, quando comparado ao fertilizante simples. Ele é adequado para a aplicação no plantio, com vários nutrientes, seguida, mais tarde, no período de crescimento, da aplicação de N em cobertura ou de qualquer nutriente necessário. O fertilizante granulado é utilizado quando se deseja uma aplicação uniforme dos nutrientes, uma vez que cada grânulo contém todos os nutrientes, além de não ser suscetível à segregação de partículas, como ocorre com algumas misturas feitas com materiais fertilizantes individuais. Existem outras possibilidades para se incorporar nutrientes em fertilizantes granulados, como, por exemplo, a adição de pequenas quantidades de enxofre elementar (S) para aumentar a disponibilidade de nutrientes, promovendo acidificação em torno da partícula. A composição de nutrientes do fertilizante granulado deve ser selecionada de forma a corresponder às necessidades das lavouras individuais.

• Misturas de grânulos

Dois ou mais fertilizantes podem ser misturados para atender às necessidades específicas de um cliente. Cada campo pode receber a quantidade específica de cada nutriente recomendado. As misturas são populares porque elas podem ser feitas com componentes de baixo custo e com equipamentos relativamente econômicos. Os materiais misturados devem possuir propriedades químicas e físicas compatíveis. Um dos problemas potenciais que podem ocorrer com misturas de grânulos é a separação da mistura durante o transporte e manuseio. Especialistas em mistura de fertilizantes estão conscientes deste problema e combinam, tanto quanto possível, tamanhos uniformes de partículas de diferentes nutrientes.

3. ÍNDICE SALINO

Se o fertilizante for colocado próximo à semente, o índice salino é um fator que também deve ser considerado. O índice salino é uma indicação do potencial osmótico do fertilizante quando este se dissolve na solução do solo. O índice não prevê o dano real para uma plântula, mas permite que sejam feitas comparações entre as fontes de fertilizantes. Fertilizantes com maior teor de nutrientes muitas vezes têm menor índice salino por unidade de nutriente desde que uma quantidade menor de material seja adicionada ao solo. Adubos fluidos podem ter menor efeito salino que fertilizantes granulados, pois são mais uniformemente distribuídos em um volume maior do solo.

A seleção da fonte certa de fertilizantes exige a compreensão das condições de solo, clima, crescimento da cultura e das

metas do agricultor, a fim de que sejam tomadas as melhores decisões. Uma visão geral das propriedades de alguns materiais fertilizantes auxiliará em algumas das considerações a serem feitas quando na seleção da fonte certa.

4. APLICAÇÃO NO SOLO

4.1. NITROGÊNIO

Existem excelentes fontes de fertilizante nitrogenado. A seleção de fontes específicas do adubo é feita considerando-se fatores como preço, equipamento de aplicação disponível e necessidades nutricionais da cultura. Maior ênfase deve ser dada às perdas potenciais desse valioso nutriente por causa dos impactos potenciais sobre a qualidade da água e do ar, que podem variar muito em função da fonte de N, do clima, do solo e do sistema de cultivo.

• Amônia anidra

Amplamente utilizada para aplicação direta, a amônia anidra contém maior teor de N, quando comparada a outras fontes de fertilizantes nitrogenados; porém, medidas de segurança devem ser tomadas em relação ao transporte e aplicação, e rigorosos procedimentos de segurança devem ser seguidos durante o manuseio. Quando a amônia anidra é aplicada, o teor de umidade do solo não deve ser muito baixo nem muito alto a fim de evitar perdas de materiais voláteis. É o produto escolhido para aplicação em milho, no inverno, no Meio-Oeste dos Estados Unidos. A adição de um inibidor da nitrificação pode ser vantajosa nos locais onde o potencial de perda por lixiviação ou desnitrificação é elevado, como nos solos arenosos e mal drenados que recebem substancial precipitação. A amônia anidra também pode ser adicionada à água de irrigação, embora seja suscetível à perda por volatilização ao se utilizar essa técnica. No Brasil, esta fonte não tem sido utilizada.

• Uréia

Concentrações relativamente elevadas do nutriente e menores custos de produção fazem da uréia o mais comum fertilizante nitrogenado utilizado mundialmente. A uréia normalmente se hidrolisa em amônia em poucos dias quando a enzima urease está presente. A urease é abundante na maioria dos solos, plantas e resíduos. Se a uréia é deixada na superfície do solo, sem incorporação pelo manejo ou infiltração com a água, pode ficar suscetível a consideráveis perdas de amônia por volatilização. Quando a uréia se move abaixo da superfície do solo a perda de amônia geralmente é eliminada. Aditivos químicos têm sido usados para inibir temporariamente a enzima urease e reduzir a perda de amônia da uréia aplicada na superfície do solo. A utilização de aditivos deve ser considerada quando a uréia não pode ser incorporada, especialmente quando o pH do solo é alto ou quando grande quantidade de resíduos da colheita permanecem na superfície. Inibidores da nitrificação também podem ser usados com a uréia nos locais onde o potencial de lixiviação de nitrato ou a desnitrificação são elevados. Soluções de uréia são eficazes para aplicação foliar, pois os danos no tecido vegetal são menores do que os de muitas outras fontes de N.

• Soluções nitrogenadas

Soluções contendo uma mistura de aproximadamente metade do N da uréia e metade do N do nitrato de amônio são amplamente utilizadas. O comportamento deste líquido, uréia-nitrato de amônio (URAN), como fertilizante nitrogenado é semelhante ao de cada um dos componentes individualmente. A solução URAN é desejável devido à sua facilidade de manuseio, solubilidade completa e compatibilidade de mistura com muitos outros fertilizantes líquidos e

produtos químicos. As soluções nitrogenadas são particularmente bem adequadas para cobertura e fertirrigação.

• Adubo de liberação controlada

Em alguns sistemas de produção, o uso do fertilizante de liberação controlada pode fornecer benefícios significativos em produtividade, economia de trabalho, impactos ambientais e flexibilidade de manejo quando o produto é devidamente combinado com a demanda das culturas e as condições de crescimento. O mecanismo de controle da liberação de nutrientes varia consideravelmente em diferentes produtos. Muitos produtos de liberação controlada têm uma capa de polímero em torno do fertilizante solúvel (uréia na maioria das vezes). O revestimento irá responder à umidade e à temperatura elevada para gradualmente permitir que os nutrientes se difundam através do polímero ao longo do tempo. A época de aplicação recomendada é fornecida no rótulo do produto. A liberação de N a partir de outros materiais é controlada pela atividade biológica ou pela lenta dissolução na água.

Outros fertilizantes contendo N também podem ser excelentes opções, dependendo da necessidade da cultura e de outros fatores. Essas fontes podem incluir materiais como sulfato de amônio, tiosulfato de amônio e numerosos materiais à base de nitrato. Cada um pode ser a fonte correta sob várias condições.

• Fontes orgânicas de N

Para muitas condições de cultivo, as fontes orgânicas de N podem ser benéficas. Quando os esterco são utilizados como fontes de N, é importante conhecer o conteúdo de nutrientes do material, a perda esperada de voláteis de amônia (dependendo da época de aplicação e localização) e a taxa de liberação de nutrientes. Esterco com elevado índice de amônio/carbono apresentam liberação de N de forma relativamente rápida. Quando o esterco contém mais N orgânico, a liberação de N ocorre mais lentamente. Estes em geral fornecem mais N no segundo ano, o que deve ser considerado quando na sua utilização. Algumas culturas de cobertura (especialmente leguminosas) e resíduos vegetais também são fontes potenciais de N e podem constituir valiosa fonte de nutrientes às plantas.

4.2. FÓSFORO

As concentrações de P disponíveis para a planta no solo são geralmente bastante baixas devido à alta reatividade do P com os componentes minerais diversos. A química do solo relativa aos fertilizantes fosfatados é complexa e envolve reações de rápida adsorção na superfície e de prolongadas transformações na fase sólida. Na maioria dos solos, a seleção de um fertilizante fosfatado particular não afeta significativamente a disponibilidade de P para a planta a curto ou longo prazo.

Os fertilizantes fosfatados sólidos mais comumente utilizados são fosfato monoamônio (MAP), superfosfato simples (SSP) e superfosfato triplo (TSP). Embora o MAP e o fosfato diamônio (DAP) sejam fontes de N, o principal valor destes fertilizantes é como fonte de P. O polifosfato de amônio (APP) é a fonte líquida de P mais comumente utilizada nos Estados Unidos.

A principal diferença entre MAP e DAP está relacionada ao pH em torno do grânulo após a dissolução. A solução saturada de MAP tem pH menor que 4 enquanto a de DAP tem pH 8. Portanto, a aplicação em faixa de DAP em solos com alto pH pode resultar na liberação de amônia, que pode prejudicar a germinação das sementes. O potencial de perdas de amônia com a aplicação de DAP é maior do que o do MAP, especialmente em

solos alcalinos. Não há diferença agrônômica significativa no valor do P fertilizante desses materiais.

• Polifosfato de amônio líquido (APP)

Cerca de metade do P no APP líquido é ortofosfato e a metade restante são compostos de polifosfato. As moléculas de polifosfato se convertem rapidamente em ortofosfato e tornam-se disponíveis para absorção pelas plantas. Este ligeiro atraso na disponibilidade de P que ocorre durante a hidrólise do polifosfato não tem nenhum efeito prejudicial no crescimento das plantas. Em algumas condições de solo, quando o P é adicionado na forma granular, a disponibilidade inicial para a planta pode ser limitada pelo lento movimento da água no grânulo, resultando em diminuição da disponibilidade do elemento, quando comparado aos fertilizantes fosfatados líquidos. No entanto, para fins práticos, as diferenças na disponibilidade de P entre as fontes líquidas e sólidas não são significativas. Esta fonte é pouco utilizada no Brasil.

• Esterco

Esterco animais podem ser uma excelente fonte de P para as plantas. Quando o esterco é utilizado principalmente como fonte de N, a quantidade de P aplicada é, muitas vezes, três a cinco vezes maior do que a necessidade de muitas plantas, o que pode resultar em excessivo acúmulo de P nas multi-aplicações realizadas nos anos seguintes. Um alternativa é a aplicação do esterco para providenciar a quantidade adequada de P e então suplementar com quantidades adicionais de N, a fim de satisfazer as necessidades das culturas deste nutriente. O manejo do esterco animal deve incluir um plano para evitar o escoamento superficial dos nutrientes. Em muitos esterco e compostos, mais de 75% do P total está presente na forma de ortofosfato, o qual irá se comportar de maneira semelhante aos fertilizantes fosfatados. A fração de P ligada organicamente exige degradação microbiana antes que esteja disponível para absorção pelas plantas, e muitas vezes isso ocorre no período de um ano.

4.3. POTÁSSIO

Existem muitas fontes excelentes de fertilizante potássico. Considerando-se que o comportamento do K nesses materiais é idêntico no solo, uma consideração importante a se fazer é em relação ao ânion acompanhante que está presente no material fertilizante.

• Cloreto de potássio

Por ser, muitas vezes, o mineral potássico mais barato e o mais abundante em depósitos comerciais, o cloreto de potássio é a fonte mais utilizada de K. O sulfato de potássio também é uma excelente fonte do nutriente, utilizada onde o S também é desejável ou quando a aplicação de cloreto deve ser minimizada. É menos solúvel que o cloreto de potássio e não é muito utilizado para produção de adubos fluidos. O uso de sulfato de potássio e de magnésio fornece uma valiosa fonte solúvel de três nutrientes essenciais para as plantas. Outras fontes de K, como tiosulfato de potássio e nitrato de potássio, são utilizadas de forma eficaz em condições mais específicas. O K presente nos resíduos das plantas, no esterco e no composto permanece solúvel e prontamente disponível para a absorção pelas plantas, à semelhança do que ocorre com os fertilizantes potássicos.

5. FERTIRRIGAÇÃO

A aplicação de nutrientes com a água de irrigação é comumente utilizada para economizar trabalho, aumentar a flexibilidade do período de aplicação do nutriente e melhorar a eficiência dos

nutrientes. As fontes de fertilizantes destinadas à fertirrigação são preparadas de forma a sejam evitados a precipitação do fertilizante e o entupimento do sistema de irrigação. Há excelentes fertilizantes que são compatíveis com qualquer tipo de sistema de irrigação. Atenção especial deve ser dada quando se adiciona fertilizantes contendo fósforo à água de irrigação rica em cálcio ou magnésio, a fim de evitar entupimento. Lembre-se que distribuir os nutrientes por intermédio da fertirrigação é tão importante quanto sincronizar a distribuição de água com as necessidades da planta.

6. APLICAÇÃO FOLIAR

Para algumas culturas, a adubação foliar pode ser o método mais econômico e confiável no fornecimento de determinados nutrientes, especialmente micronutrientes. Pode haver grande diferença na eficiência de diferentes fontes de fertilizantes quanto à penetração nas folhas e fornecimento do benefício nutricional desejado. Em condições especiais de cultivo, a adubação foliar pode ser útil para completar os nutrientes fornecidos pelo solo durante as fases críticas de crescimento, como parte de um plano global de nutrição, porém, esta

prática não é vantajosa para a maioria das culturas agrônômicas. Recomendações locais devem ser seguidas para a seleção da fonte de nutrientes foliares mais eficiente nas culturas especiais.

Muitos fatores estão envolvidos na combinação do conceito 4C de seleção da fonte-dose-época-local certos para atender as metas econômicas, ambientais e sociais específicas. Não há claramente uma fonte “certa” de nutrientes para todas as situações. Considerando que as condições tecnológicas e econômicas são mutáveis, é necessária uma reavaliação periódica a fim de se obter o máximo aproveitamento dos nutrientes das plantas. Este artigo, que discute as fontes mais comuns de fertilizantes, aponta para a necessidade de interações contínuas entre consultores agrônômicos e seus clientes quando avaliam a nutrição de plantas e as fontes potenciais de fertilizante.

LITERATURA CITADA

MURRELL, T. S.; MUNSON, R. D. Balanced nutrition is key to improving yields and minimizing N fertilizer loss. **Better Crops**, v. 83, n. 3, p. 28-31, 1999.

QUALIDADE NUTRICIONAL: ALIMENTOS ORGÂNICOS x ALIMENTOS CONVENCIONAIS¹

De acordo com um estudo publicado em 29 de julho de 2009 no *American Journal of Clinical Nutrition*, não há evidência de que os alimentos produzidos organicamente são nutricionalmente superiores aos alimentos produzidos convencionalmente.

O estudo, encomendado pela Food Standards Agency (FSA), foi realizado por uma equipe de pesquisadores da London School of Hygiene & Tropical Medicine. Liderada pelo Dr. Alan Dangour, a equipe analisou trabalhos publicados nos últimos 50 anos que relacionavam o teor de nutrientes e os benefícios na saúde proporcionados pelos alimentos orgânicos e convencionais. Atualmente, esta revisão sistemática é o estudo mais abrangente realizado nessa área. A FSA encomendou esta pesquisa como parte de seu compromisso em oferecer aos consumidores informações precisas sobre os alimentos, com base na ciência moderna.

Mais de 50.000 documentos foram pesquisados e um total de 162 artigos relevantes foram considerados. Para garantir rigor metodológico, a qualidade de cada artigo foi avaliada. Para serem classificados como de qualidade satisfatória, os estudos tinham que fornecer informações sobre o sistema de certificação orgânica no qual os alimentos foram obtidos, a cultivar da cultura ou raça dos animais analisados, o nutriente ou outra substância nutricionalmente relevante e os métodos de análise laboratorial e de estatística utilizados.

A análise apresentada sugere que alimentos produzidos organicamente e convencionalmente são comparáveis em seus conteúdos de nutrientes. Para 10 das 13 categorias de nutrientes anali-

sadas, não houve diferenças significativas entre os métodos de produção. Em uma análise, que incluiu apenas estudos de qualidade satisfatória, as culturas produzidas convencionalmente tiveram teores significativamente mais elevados de nitrogênio e as culturas produzidas organicamente apresentaram teores significativamente mais elevados de fósforo e maior acidez. Das 11 categorias analisadas, nenhuma diferença evidente foi detectada em 8 delas, quais sejam: vitamina C, compostos fenólicos, magnésio, potássio, cálcio, zinco, cobre e sólidos solúveis totais.

De acordo com Dr. Dangour, “um pequeno número de diferenças nos teores de nutrientes foi verificado nos alimentos produzidos orgânica e convencionalmente e, embora estas diferenças sejam biologicamente plausíveis, é pouco provável que sejam de relevância para a saúde pública. Nossa análise indica que não há atualmente nenhuma evidência que apoie a seleção de alimentos produzidos organicamente, em detrimento dos produzidos convencionalmente, com base na superioridade nutricional”.

Gill Fine, diretor da FSA, concluiu: “garantir que as pessoas tenham informações precisas sobre os aspectos dos alimentos é absolutamente essencial, no sentido de permitir que elas façam escolhas certas sobre aquilo que estão consumindo. Este estudo não indica que as pessoas não devem comer alimentos orgânicos. O que ele mostra é que há pouca, ou nenhuma, diferença nutricional entre alimentos orgânicos e alimentos produzidos convencionalmente, e que não há nenhuma evidência de benefícios adicionais para a saúde pelo consumo de alimentos orgânicos. A agência apóia a escolha do consumidor e não é nem a favor nem contra os alimentos orgânicos. Reconhecemos que há muitas razões pelas quais as pessoas optam por escolher os alimentos orgânicos, como o bem-estar do animal ou as preocupações ambientais. A Agência continuará a fornecer aos consumidores informações precisas sobre os alimentos com base nas melhores evidências científicas disponíveis”.

¹ Fonte: **Nutritional quality of organic foods: a systematic review.** Alan D. Dangour, Sakhi K Dodhia, Arabella Hayter, Elizabeth Allen, Karen Lock, Ricardo Uauy. *American Journal of Clinical Nutrition*, July 29, 2009. **Organic Review published.** Food Standards Agency, <http://www.food.gov.uk/news/newsarchive/2009/jul/organic>