

e evitar sua mistura com a semente (Figura 23). Além disso, o K é aplicado em baixas doses no plantio para evitar a queima da semente.



Figura 23. Detalhe dos compactadores adaptados à semeadora/adubadora para evitar a mistura do adubo com a semente.

Para conseguir o desenvolvimento pleno da soja nesses solos arenosos de primeiro ano, visando produzir 60 sacas ha^{-1} , é necessário aplicar uma quantidade de calcário superior àquela normalmente necessária para elevar a saturação por bases a 70% da CTC permanente. Geralmente, tem-se utilizado de 6 a 7 t ha^{-1} de calcário com PRNT de 85%, em três aplicações, sendo que 3 a 4 t ha^{-1} permanecem sem dissolver no solo, mas que são aproveitados pela soja no estágio de fixação de N. A explicação encontrada para este fato é que, devido à CTC do solo ser muito baixa, o cálcio trocável presente na argila é insuficiente para atender a demanda da soja, que é alta. Além disso, quando se inicia o processo de fixação biológica de N na soja, em torno de 15 a 20 dias após a emergência, ocorre a liberação de H^+ na região da rizosfera, o que leva à redução do pH nesta região, normalmente em torno de 2 unidades, sendo comum encontrar valores de 4,0 a 4,5. O calcário que permanecia sem dissolução no solo, próximo à raiz, neutraliza o H^+ e libera Ca^{2+} e Mg^{2+} para complementar a nutrição da planta, mantendo o solo com pH adequado para o crescimento das raízes. Após 4 a 5 anos, quando a quantidade de calcário residual diminui e a produtividade decresce, é feita nova calagem para manter a produtividade da cultura em níveis altos (Figura 24).



Figura 24. Sustentabilidade da soja cultivada em solo arenoso – quarto ano de cultivo. Produtividade: 65,1 sacas ha^{-1} .

O potássio (K) tem um papel muito importante na resistência da planta à seca nos solos arenosos. Lavouras mal nutridas em K sofrem mais cedo e mais severamente os efeitos da seca, podendo levar as plantas à morte em poucos dias na ausência de chuvas. Como a lixiviação é muito intensa nesses solos, é necessário aplicar doses de K maiores que as quantidades exportadas para repor parte do K lixiviado e não resgatado pelo milho. O ideal é aplicar uma dose pequena na linha de plantio (por exemplo, 30 kg ha^{-1} de K_2O) e o restante parcelar em duas aplicações, sendo a primeira entre 25 e 30 DAE e a segunda entre 25 e 40 DAE.

Para o fósforo, são necessárias doses mais altas nos primeiros anos de cultivo, devido à pobreza original desses solos. Como a adsorção de P é baixa, as doses podem ser reduzidas drasticamente com o tempo, podendo chegar a menos de 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 a partir do 5º ou 6º ano de cultivo.

Deficiências de micronutrientes são comuns em solos arenosos, principalmente de Zn, Cu, Mn e B, tendendo a aumentar com o passar dos anos, caso não sejam adequadamente aplicados.

O ambiente que envolve os solos arenosos é muito frágil e, até o momento, o potencial produtivo da área e a sustentabilidade do sistema ao longo do tempo tem sido mantidos com a rotação com milho e com um bom programa de monitoramento e aplicação de macro e micronutrientes.

INFLUÊNCIA DA NUTRIÇÃO NA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS DE PLANTAS

Antonio Luiz Fancelli, ESALQ/USP, e-mail: fancelli@esalq.usp.br

Inúmeros são os fatores que interferem na produtividade das plantas cultivadas; todavia, merecem especial destaque a presença de patógenos e insetos-praga, que são responsáveis pela destruição de grandes quantidades de alimentos e bens de sobrevivência, bem como amplificam significativamente os custos financeiros e energéticos da atividade agrícola.

Uma das principais causas para a ocorrência e predisposição das plantas a doenças e pragas é o desequilíbrio nutricional (carência ou excesso) que, quando aliado ao estágio fenológico do hospedeiro, à herança genética e às condições climáticas reinantes no período, pode provocar prejuízos significativos.

Nesse contexto, os nutrientes, direta ou indiretamente, estão envolvidos nas estratégias de defesa vegetal como componentes integrais, ativadores, inibidores, reguladores de síntese ou de metabolismo e, portanto, o seu pleno diagnóstico (deficiência ou excesso), bem como a garantia de seu aproveitamento efetivo, tornam-se estritamente necessários para o estabelecimento de programas de manejo objetivando a obtenção de produtividades lucrativas e sustentáveis.

Os principais mecanismos relacionados à defesa de plantas contra patógenos e insetos-praga estão relacionados às barreiras físicas e bioquímicas e ao equilíbrio nutricional, quais sejam:

a) Mecanismo intrínscio, constitutivo ou latente

Tais mecanismos são representados pela presença de cutícula e de membrana plasmática espessa e íntegra, ceras, pêlos, lignina e algumas outras substâncias disponíveis em diferentes partes da planta. Ressalta-se que todos esses elementos encontram-se sempre presentes na planta e possuem caráter hereditário. As estratégias básicas envolvidas são barreira física, barreira bioquímica e equilíbrio nutricional.

b) Mecanismo estimulado

Este mecanismo é desencadeado por reação de estímulo externo ou interno, normalmente caracterizado por reação de hiper-

sensibilidade (HR), relacionada a ações de agressão. Ressalta-se que a hipersensibilidade pode implicar na auto-destruição ou morte das células ao redor do ponto de invasão, ataque ou anomalia. O referido mecanismo poderá ser induzido ou provocado pela identificação de substâncias químicas (agroquímicos ou metabólitos de patógenos ou de insetos-praga), concentrações de nutrientes – Cu, Mn e B – e condição climática especial. Nessa reação são sintetizados e transportados para o sítio de ação: fenóis, quinonas, terpenos alcalóides, isoflavonóides e fitoalexinas, em geral. As estratégias básicas envolvidas são barreira bioquímica e equilíbrio nutricional.

c) Mecanismo adquirido ou aprendido

O presente mecanismo manifesta-se pela sobrevivência da planta ao ataque de patógenos após infecção devidamente identificada ou reconhecida. Por essa razão, tal mecanismo de defesa recebe a denominação de Resistência sistêmica adquirida (sigla em inglês – SAR). A SAR é resultante da identificação do invasor, acompanhado da indução da síntese de substâncias específicas, como quitinases e outras enzimas hidrolíticas, devido à ação de um elicitador, o ácido salicílico, que funciona como um sinal endógeno para o desencadeamento da ação de defesa. As estratégias básicas envolvidas são barreira bioquímica e equilíbrio nutricional.

Na Figura 25 são apresentados, de forma esquemática, os principais mecanismos naturais envolvidos na defesa da planta. A proteção é resultante de: eficiente barreira física proporcionada por cutina espessa e íntegra, lignificação e acúmulo de silício na camada de células epidérmicas; membrana plasmática íntegra evitando a perda de açúcares e aminoácidos para o apoplasto ou espaço intercelular e síntese e difusão de fitoalexinas e fenóis apresentando propriedades fungicida e bactericida.

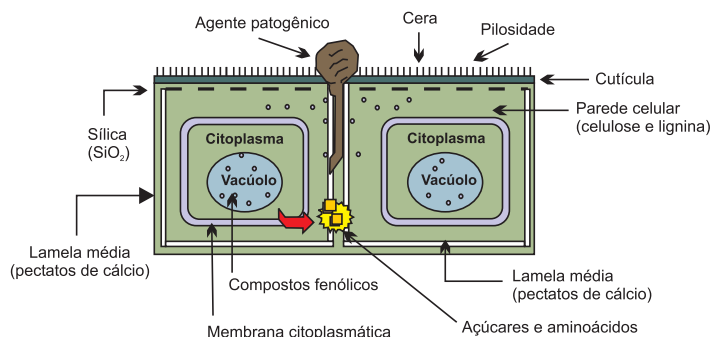


Figura 25. Principais mecanismos de defesa vegetal.

Fonte: Adaptada de MARSCHNER (1986).

Assim, em função das razões ecológicas e do papel da nutrição na prevenção de doenças e de pragas em sistemas agrícolas de produção, recomenda-se que o manejo de plantas seja sempre fundamentado na garantia do equilíbrio nutricional e na visão sistêmica do processo. Para tanto, sugere-se a elaboração de um diagnóstico detalhado da disponibilidade de nutrientes no sistema (incluindo suas interações), das condições climáticas reinantes no período e do potencial genético de resistência inerente ao genótipo utilizado.

Quanto aos efeitos dos nutrientes na defesa de plantas, merece especial destaque o papel do N, do P, do K e dos micronutrientes.

O N aumenta a concentração de aminoácidos e amidas no apoplasto e na superfície foliar que, aparentemente, têm maior influência que os açúcares na germinação de esporos fúngicos e na atividade de insetos. Diante desse fato, recomenda-se evitar a aplicação foliar indiscriminada de fertilizantes nitrogenados, principalmente na forma de uréia, nas culturas de feijão, tomate, pimentão,

batata e hortaliças em geral, sobretudo em meio a teores inadequados de Mo e Mn.

O P, de modo geral, tem sido importante no decréscimo do ataque de fungos em diferentes espécies de plantas, principalmente quando aliado a doses satisfatórias de K. Em raízes com baixo nível de P foi observado significativo decréscimo de fosfolipídios com correspondente aumento na permeabilidade da membrana celular e da exsudação radicular, o que pode exercer acentuada influência na atividade de patógenos de solo e na severidade das doenças.

A concentração inadequada de K na planta promove o acúmulo de compostos orgânicos de baixo peso molecular (açúcares e aminoácidos), resultando em plantas com crescimento anormal e alta suscetibilidade a doenças e pragas, de forma geral.

Dentre os micronutrientes mais importantes para a prevenção de doenças e que, normalmente, são negligenciados em sistemas de produção, destacam-se o Cu, o B e o Mn. Tais elementos desempenham papel fundamental na síntese de fenóis, quinonas e fitoalexinas, bem como na rota do ácido chiquímico – principal rota de defesa vegetal. Em função de sua dinâmica no solo e na planta, o B deverá ser fornecido via solo, em pré-semeadura (ou na semeadura), mediante o uso de fontes de solubilidade média; ao passo que o Cu e o Mn deverão ser aplicados via foliar, no início da fase de franco crescimento vegetal e no início do florescimento da maioria das espécies cultivadas.

Finalmente, cumpre ressaltar que o Zn, apesar de ser o micronutriente mais comumente considerado em programas de adubação, quando fornecido em doses elevadas e sem critério técnico definido, poderá interferir no aproveitamento e metabolização de outros nutrientes, bem como favorecer o crescimento e a produção de metabólitos (micotoxinas) de fungos.

LITERATURA CITADA

- CALEGARI, A.; PEÑALVA, M. **Abonos verdes: importância agroecológica y especies con potencial de uso en el Uruguay**. Canelones: MGAP (JUNAGRA)-GTZ, 1994. 172 p.
- COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; STUPIELLO, J. J.; CARNIER, P. E. Avaliação da eficiência agrônoma de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. **Científica**, v. 19, p. 93-104, 1991.
- FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. de A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.
- FRIES, M. R.; AITA, C. Aspectos básicos sobre a importância dos microrganismos em plantio direto. In: **Fertilidade do solo em plantio direto**. Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto. Cruz Alta: Editora Aldeia Norte, 1999. 92 p.
- LOPES, A. S. **Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônoma**. São Paulo: ANDA, 1999. 70 p.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- MALZER, G. L.; KELLING, K. A.; SCHMITT, M. A.; HOETFT, R. G.; RANDALL, G. W. Performance of dicyandiamide in the North Central States. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 20, p. 2117-2136, 1989.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- PASDA, G.; HÄHNDEL, R.; ZERULLA, W. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-Dimethylpyrazole Phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. **Biology and Fertility of Soils**, v. 34, n. 2, p. 85-97, 2001.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 1999. 359 p.
- RUDELL, J. **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta: Fundacep Fecotrig, 1995.
- THUNG, M. D. T.; OLIVEIRA, I. P. de. **Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA-CNPAP, 1998. 172 p.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de Stimulate na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento radicular de plantas de milho (Zea mays L.)**. Piracicaba: ESALQ, 2000. 15 p. (Relatório Técnico)
- WESTFALL, D. G.; AMRANI, M.; PETERSON, G. A. Water-solubility of zinc fertilizer: does it matter? **Better Crops**, Norcross, v. 83, n. 2, p. 18-21, 1999.