

Como as plantas utilizam os fertilizantes nitrogenados

O cultivo de híbridos de milho mais tolerantes a altas densidades de plantio e responsivos a doses crescentes de fertilizantes nitrogenados foi o principal fator de incremento da produtividade do cereal no "corn belt" americano nos últimos 70 anos.

Nos países tropicais, onde a frequência e intensidade dos diversos tipos de estresses (hídricos, deficiências minerais e incidência de pragas e doenças) é muito mais acentuada do que em climas temperados, pode-se esperar que somente a associação destes dois fatores (altas doses de N e altas densidades de plantio), não levem a aumentos de produtividade semelhantes aos obtidos nos EUA. Mesmo lá, é improvável que estes ganhos sigam na mesma taxa no futuro, devido aos altos custos

de fertilizante nitrogenado e aos efeitos ecológicos indesejáveis associados ao uso de altas dosagens de N, como por exemplo a poluição de águas subterrâneas. Uma nova abordagem para o problema seria o desenvolvimento de cultivares produtivos sob baixa disponibilidade de nitrogênio no solo mas que tenham condições, também, de aumentar a produtividade quando supridos com doses crescentes do nutriente.



A adubação nitrogenada é fundamental para o bom desenvolvimento do milho. Mas, para um melhor aproveitamento, deve-se selecionar a cultivar adequada

Na Embrapa Milho e Sorgo em Sete Lagoas (MG) trabalhos de pesquisa buscam obter genótipos capazes de maximizar a utilização do nitrogênio disponível e que respondam a doses extras deste nutriente. A seleção de genótipos de milho cultivados em níveis contrastantes de ni-

trogênio (30 e 130 kg N/ha), permitiu identificar grande variabilidade para esta característica. Estes genótipos, contrastantes quanto a seu potencial produtivo sob diferentes níveis de N, vêm sendo utilizados em estudos. O objetivo é identificar marcadores bioquímicos ou moleculares que pos-

sam constituir-se em ferramentas auxiliares ao programa de desenvolvimento de cultivares de milho e sorgo com alta eficiência de uso do nitrogênio (EUN).

Em cereais, a EUN pode ser definida como a quantidade de grãos produzida por kg de nitrogênio (N) aplicado ao solo. Ela tem dois componentes importantes: o primeiro é a eficiência de absorção e o segundo a eficiência de utilização. A absorção se refere à passagem do N do solo para o interior das células das raízes, enquanto a utilização se refere à capacidade da planta em transformar o N absorvido em grãos. Como o nitrogênio é componente essencial dos aminoácidos que formam as proteínas, o processo de seleção de genótipos eficientes na utilização de nitrogênio pode levar à seleção de cultivares com menor teor de proteína no grão. Isto enfatiza a importância de monitorar-se não só a absorção, mas também a conversão deste nitrogênio em proteína.

Assimilação do nutriente

Geralmente as plantas podem assimilar o N sob diversas formas: nitrato, amônio e uréia. Na maioria dos solos agrícolas, entretanto, o nitrato (NO_3^-) é a forma de N mais abundante. Uma característica importante da disponibilidade de N é a sua ampla flutuação no solo durante o tempo de permanência das lavouras no campo. Em um único ano agrícola, a concentração de N junto às raízes pode variar até 100 mil vezes. Associado a esta grande flutuação de níveis de N no solo, um outro fator de grande influência na absorção de N pelas plantas em solos tropicais são os níveis de disponibilidade de fósforo (P) no solo.

Estudos recentes têm demonstrado, principalmente em solos de textura argilosa da região dos cerrados, a existência de um efeito cascata entre pequenos déficits hídricos, restrição na absorção de P e conseqüente redução na absorção de nitrogênio

pelo milho. Os pontos-chaves destes estudos foram: 1 - a absorção de P pela planta é drasticamente reduzida sob leve estresse hídrico (muito antes do ponto de murcha); 2 - redução no suprimento de P diminui drasticamente a absorção de nitrogênio pela planta; 3 - a absorção de NO_3^- é mais prejudicada pelo estresse de P do que a absorção de amônio (NH_4^+).

Para conviver com grandes variações no suprimento de nitrogênio, as plantas desenvolveram um sofisticado sistema de absorção do nutriente. A entrada do N para o interior das células acontece contra um gradiente de concentração, isto é, a concentração de N no interior da célula é maior que a concentração no solo. Em situações como esta, diz-se que a absorção é ativa, pois a planta gasta energia para realizar este trabalho. Esta energia é derivada do processo respiratório que,

por sua vez, consome parte dos fotoassimilados acumulados durante a fotossíntese. Portanto, para ser metabolicamente eficiente, uma determinada

planta deve ser eficiente na partição de seus recursos energéticos (fotoassimilados) entre as atividades metabólicas que competem entre si por estes recursos.

A absorção de NO_3^- é controlada via um sistema eletrogênico co-transportador de prótons. Na presença de NO_3^- , a membrana plasmática é despolarizada e uma bomba H^+ -ATPase bombeia prótons para fora da célula criando gradientes de pH e gradiente elétrico. Estes gradientes criam condições para que um grupo de proteínas específicas, existentes na membrana celular, chamadas de "transpor-



Sidney, Antônio Álvaro, Manoel e Vera explicam como ocorre a absorção do nitrogênio

tadores", façam a transposição do NO_3^- existente na solução do solo para dentro das células. Para cada NO_3^- absorvido, dois prótons são co-transportados para o interior da célula. Por causa da grande variabilidade do teor de NO_3^- no solo durante o desenvol

Déficits hídricos podem comprometer a absorção dos nutrientes pela planta

Vigna

Regulamentação e Registros

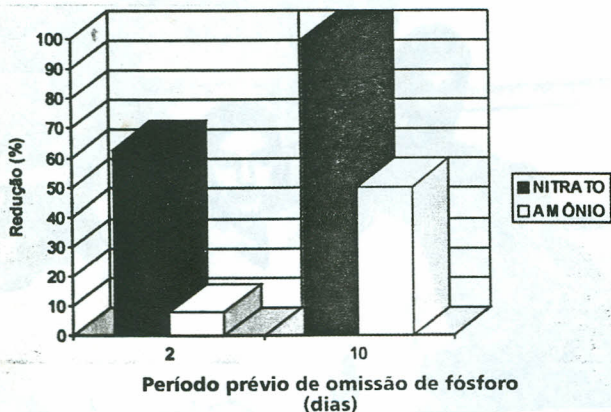
Desde 1996, a Vigna vem prestando serviços nas áreas de Regulamentação e Registro de produtos junto aos Ministérios da Agricultura, Saúde e IBAMA, à empresas do Brasil e do exterior.

Produtos que trabalhamos

**Agroquímicos (Agrotóxicos) e afins;
Fitorreguladores;
Saneantes domissanitários;
Veterinários;
Fertilizantes e adubos;
Preservativos de madeira;
Semioquímicos e Biológicos;
Rações e aditivos, etc.**

Rua Dr. Bacelar, 173 - Sala 72
CEP 04026-000 - São Paulo - SP
Fone/Fax: (0xx11) 5084-2662
E-mail: vigna.registros@uol.com.br

Redução da absorção umoles g matéria seca de raiz



Redução na absorção de nitrato e amônio em milho (%) após períodos de omissão de fósforo de 2 e 10 dias. (Fonte: Magalhães et al., 1996)

...vimento das plantas, esse sistema de transportadores atua de duas maneiras: sob baixas concentrações - menos que 1 mM - a absorção acontece por um sistema de alta afinidade e, para concentrações acima de 1 mM, a absorção acontece através de um sistema de baixa afinidade.

Na década de 1990 aconteceram grandes progressos na elucidação da base genética-molecular destes sistemas de absorção. Vários genes que codificam algumas destas proteínas transportadoras, tanto de NO_3^- como de NH_4^+ em plantas e microorganismos, foram clonados. Isso permitiu vislumbrar a possibilidade de se aumentar, via engenharia genética, o número de cópias desses transportadores nas raízes elevando, assim, a capacidade das plantas em absorver nitrogênio do solo.

No interior das células

Uma vez no interior das células o NO_3^- pode seguir quatro rotas distintas: (1) nas raízes, é reduzido primeiramente a NO_2^- , a seguir a NH_4^+ , sendo finalmente assimilado na forma de aminoácidos, contribuindo para o crescimento das raízes; (2) o NO_3^- absorvido nas raízes é transportado para a parte aérea onde é reduzido a NH_4^+ e assimilado como aminoácidos, promovendo o crescimento geral da planta; (3) uma quantidade significativa de NO_3^- pode ser armazenada como reserva nos vacúolos; (4) uma

pequena parte do NO_3^- absorvido pode ser excretado de volta ao solo.

As rotas enzimáticas de redução de NO_3^- e assimilação do NH_4^+ na parte aérea das plantas aparecem na Figura 3. Depois de penetrar no citoplasma, o NO_3^- é reduzido a NO_2^- pela redutase do nitrate (RN). Esse NO_2^- move-se para o interior do cloroplasto onde é reduzido a NH_4^+ pela redutase do nitrito (RNi), sendo finalmente incorporado em aminoácidos pela

ação conjunta das enzimas sintetase da glutamina (GS) e sintase do glutamato (GOGAT). Somente em condições especiais a assimilação do NH_4^+ acontece via desidrogenase do glutamato (GDH).

A incorporação desse NH_4^+ em esqueletos de carbono derivados do processo fotossintético também consome energia e é uma interface importante entre os metabolismos de carbono (C) e N nas plantas. Nos últimos anos o entendimento sobre como as enzimas de assimilação de C e N são reguladas e de como elas controlam a produtividade das plantas, aumentou muito. Hoje, sabe-se como os estímulos ambientais como luz, seca e a disponibilidade de nutrientes (principalmente o N e o P) ou a toxidez de alumínio regulam a atividade das principais enzimas de assimilação de C e de N pela fosforilação reversível destas proteínas. Outro avanço importante em estudos recentes do metabolismo do N foi o estabelecimento do papel das di-

ferentes isoformas das enzimas GS e GOGAT nos processos de biossíntese e transporte de aminoácidos durante a germinação das sementes, crescimento das plantas e remobilização das reservas de C e N das folhas e colmos para o enchimento dos grãos depois da floração das plantas.

Resultados da pesquisa

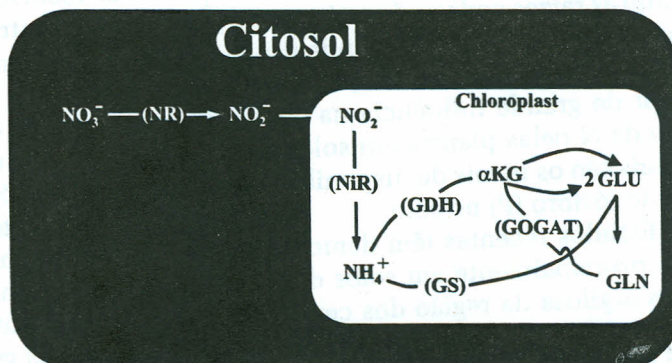
Os resultados recentes de nosso grupo de pesquisa nessa área levam a três conclusões principais: (1) baixa disponibilidade de P nas raízes inibe fortemente a absorção de N, diminuindo portanto a EUN das plantas; (2) em genótipos responsivos ao N, a atividade da PEPC aumenta significativamente com a fertilização nitrogenada, mostrando uma correlação

significativa e positiva entre a atividade dessa enzima e a produtividade de grãos; (3) a isoforma citosólica da GS aumenta significativamente em plantas de milho e sorgo estressadas por falta de N no meio de cultivo.

A confirmação inequívoca desses resultados em um número mais amplo de genótipos de milho e sorgo vai permitir o estabelecimento de critérios mais eficientes para o desenvolvimento de materiais com alta EUN.

Antônio Álvaro Corsetti Purcino, Vera Maria Carvalho Alves, Sidney Netto Parentoni, Manoel Xavier dos Santos, Embrapa Milho e Sorgo

As plantas têm um sofisticado sistema para a absorção de nutrientes



Redução de nitrate e assimilação de amônio em tecido foliar. NO_3^- : nitrate; RN: redutase do nitrate; NO_2^- : nitrite; RNi: redutase do nitrite; NH_4^+ : amônio; GS: sintetase da glutamina; GOGAT: sintetase do glutamate; GDH: desidrogenase do glutamate, α -KG: alfa-cetoglutarato; GLU: glutamate; GLN: glutamina.