

**CUIDADOS NO USO DO CLORETO DE POTÁSSIO
NO SULCO DE SEMEADURA DA SOJA***Claudinei Kappes¹**Rayane Gabriel da Silva²***1. INTRODUÇÃO**

A utilização de fertilizantes nos cultivos é um pré-requisito para o desenvolvimento da agricultura sustentável, principalmente em solos intemperizados, como os das regiões tropicais. Quando praticada corretamente, a adubação deve atender às demandas nutricionais das culturas, com mínima influência sobre o meio ambiente (VALE; GIROTTO, 2022). Porém, quando utilizada sem os devidos critérios agrônômicos, pode trazer problemas no desenvolvimento e produtividade das culturas.

O potássio (K) é o segundo nutriente quantitativamente mais absorvido e mais exportado nos grãos de soja, perdendo somente para o nitrogênio (N). As recomendações de adu-

bações de reposição de K para a cultura têm sido entre 20 e 23 kg de K_2O para cada tonelada de grãos produzida, algo entre 80 e 92 kg ha^{-1} de K_2O , considerando as produtividades comumente obtidas nas propriedades ($4,0 t ha^{-1}$). Diante da alta taxa de exportação de K pela cultura, o seu manejo exige certos cuidados, a fim de permitir a obtenção de eficiência técnica e econômica, sobretudo em anos de altos preços dos fertilizantes.

Em soja, a principal fonte utilizada para o suprimento de K é o KCl, devido à sua alta concentração de K_2O solúvel em água, rápida dissolução no solo e ação na planta e maior viabilidade econômica. A alta solubilidade do KCl no solo pode ser uma vantagem, por disponibilizar rapidamente o K às plantas e suprir uma possível carência,

Abreviações: CTC = capacidade de troca de cátions; K = potássio; KCl = cloreto de potássio; MSPA = massa seca da parte aérea; MSSR = massa seca do sistema radicular; Mg = magnésio; N = nitrogênio; NaCl = cloreto de sódio; $NaNO_3$ = nitrato de sódio.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador em Fertilidade do Solo e Adubação, NemaBio Laboratório e Pesquisa Agronômica, Sinop, MT; e-mail: claudinei.kappes@nemabio.com.br

² Engenheira Agrônoma, M.Sc., Pesquisadora e Nematologista, NemaBio Laboratório e Pesquisa Agronômica, Sinop, MT; e-mail: rayane.gabriel@nemabio.com.br

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

ISSN 2311-5904

Publicação trimestral gratuita da
NPCT – Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia
O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela
comunidade científica nacional e internacional visando
o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

COMISSÃO EDITORIAL

Editor

Luís Ignácio Prochnow

Editora Assistente

Silvia Regina Stipp

Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

PATROCÍNIO

Os interessados em patrocinar o Jornal Informações Agronômicas podem
entrar em contato com: ELavorenti@npct.com.br ou LProchnow@npct.com.br

Nº 14 JUNHO/2022

CONTEÚDO

Cuidados no uso do cloreto de potássio no sulco de semeadura da soja

Claudinei Kappes; Rayane Gabriel da Silva..... 1

Segregação granulométrica na aplicação de fertilizantes a lanço

Lucas Campos Giosa; Gustavo Barbosa Micheli 17

Avanços no manejo da adubação com nitrogênio e magnésio na cultura da batata

Rogério Peres Soratto et al. 26

Divulgando a Pesquisa:

Otimização da concentração de nitrogênio nas folhas e época de monitoramento para produção sustentável de batata nos trópicos

Fabiana Morbi Fernandes et al. 43

Painel Agronômico 44

Simpósio da NPCT 45

Cursos, Simpósios e outros Eventos 48

Publicações Recentes 49

Publicação do IPNI/NPCT 50

Ponto de Vista 51

NOTA DOS EDITORES

As opiniões e as conclusões expressas pelos autores nos artigos não
refletem necessariamente as mesmas dos editores deste jornal.

PATROCINADORES



Knowledge grows

mas também pode ser uma desvantagem, a depender do ambiente de cultivo, da dose, do modo e momento de aplicação e do ciclo da cultura.

As doses utilizadas normalmente oscilam entre 130 e 200 kg ha⁻¹ de KCl, cuja variação é fundamentada na disponibilidade de K no solo, textura do solo, histórico de adubação, demanda da cultura e eficiência econômica da adubação. Predominantemente, sua aplicação é realizada a lanço, pois permite maior rendimento operacional no momento da semeadura (redução do tempo nas paradas de abastecimento da semeadora-adubadora), oferece baixo risco de toxidez à cultura e tem boa eficiência agrônômica.

Existem situações específicas nas quais as formulações NPK com altas concentrações de KCl são aplicadas no sulco de semeadura da soja. Esta modalidade de aplicação é mais comum em propriedades localizadas no Sul do Brasil, cujas áreas apresentam declividade acentuada e, portanto, maiores riscos de perdas do K por erosão laminar. Nestas situações, o produtor deve se preocupar com a definição da dose a ser aplicada e a profundidade de deposição do fertilizante no solo, evitando o seu contato direto com a semente, pois o estresse salino gerado pelo KCl e as alterações no potencial osmótico poderão afetar a emergência e o desenvolvimento das plantas. Altas doses de KCl podem, ainda, favorecer as perdas de K por lixiviação e intensificar a deficiência de magnésio (Mg) na cultura, sobretudo em solos cujo teor de Mg se encontra próximo ao nível crítico.

Muitas vezes, as falhas no estabelecimento de plantas e/ou atrasos no desenvolvimento inicial das plântulas são atribuídas à baixa qualidade e vigor das sementes. Raramente estes problemas são relacionados à aplicação de doses elevadas de KCl ou à sua localização em distância não segura em relação à semente no sulco. A boa notícia é que o produtor não precisa investir dinheiro para contornar estes problemas, pois são fatores passíveis de serem controlados por ele. É necessário, entretanto, definir a dose de KCl e a profundidade de deposição no sulco de semeadura com base em critérios técnicos, levando em consideração a textura do solo e a boa regulação da semeadora-adubadora.

2. O CLORETO DE POTÁSSIO

A maior parte dos depósitos de K ocorre como KCl (silvita) misturado a cloreto de sódio (NaCl) no mineral silvinita. Geralmente, são antigos depósitos marinhos enterrados profundamente abaixo da superfície da Terra. No processamento do mineral, o KCl e o NaCl são separados (REETZ, 2017).

A separação é realizada com base no fato de que o NaCl é ligeiramente mais solúvel em água fria do que em água quente. Então, quando o material que contém os dois sais é tratado com solução quente, o KCl é dissolvido e o NaCl não (COELHO; VERLENGIA, 1973). Em seguida, o mineral dissolvido com água quente é bombeado para a superfície como silvinita solúvel e então a água é evaporada (REETZ, 2017).

O KCl pode apresentar coloração branca ou avermelhada, com variações de tonalidades tendendo para o rosa, dependendo do processo empregado na sua obtenção. Isto ocorre devido à presença de pequenas quantidades de óxido de ferro e outras impurezas coloridas, mas ambos são idênticos para o uso agrícola (REETZ, 2017). Na agricultura, o KCl comumente utilizado é de coloração avermelhada e de natureza física granulada, contendo 58% a 62% de K₂O solúvel em água e 45% a 48% de Cl.

No contexto mundial, a agricultura brasileira é altamente dependente da importação de KCl. Segundo Richetti (2018), mais de 90% do KCl oferecido no Brasil é importado. Os principais países exportadores de KCl são Canadá, Rússia, Bielorrússia e Israel. A dependência do mercado exterior pelo KCl é considerada uma desvantagem do ponto de vista econômico, pois variações na demanda, taxa de câmbio, preço das *commodities* agrícolas e sanções comerciais e político-econômicas afetam diretamente o seu custo e a sua logística de entrega aos produtores brasileiros. Recentemente, a guerra na Ucrânia revelou o quanto a agricultura nacional é dependente do KCl vindo da Rússia.

O KCl apresenta, ainda, algumas desvantagens agrônômicas, se alguns cuidados não forem tomados. Seu alto índice salino, quando comparado ao de outros fertilizantes potássicos, aumenta substancialmente o risco de afetar a germinação das sementes, o estabelecimento e o desenvolvimento de plântulas no campo, que são mais sensíveis nestas fases. Além do índice salino, os grânulos de KCl apresentam elevada solubilidade no solo, que, dependendo do modo de aplicação e da dose, pode favorecer a movimentação vertical de K no perfil através da água de drenagem (lixiviação).

2.1. Índice salino

O aumento do índice salino na solução do solo, após a dissolução do fertilizante, em concentrações acima de certos limites, pode dificultar a absorção de água do solo pelas sementes e raízes (RODELLA, 2018), problema geralmente tratado como estresse salino. Portanto, para evitar problemas de salinidade induzidos pelos fertilizantes é essencial conhecer a natureza química dos produtos, como fornecedores de nutrientes, mas também como sais, estabelecendo-se regras e limites para sua aplicação (VALE; GIROTTO, 2022).

A salinidade pode causar dois grandes impactos nas plantas: estresse tóxico e estresse osmótico (MUNNS; TESTER, 2008). Os efeitos tóxicos ocorrem quando a concentração de íon Cl no citosol das células das folhas fica acima de certo limiar, geralmente 150-200 µmol, danificando as enzimas e as estruturas fotossintéticas. Várias espécies de plantas ativam os mecanismos de compartimentação, armazenando os íons salinos em vacúolos e órgãos, tentando evitar sua influência danosa. No entanto, como essa habilidade difere muito entre as espécies de cultivo, um teste de toxicidade parece inútil para avaliar e comparar o efeito da salinidade dos fertilizantes sobre as plantas (VALE; GIROTTO, 2022).

Para aliviar os efeitos tóxicos, os fertilizantes livres de Cl têm sido cada vez mais valorizados e adotados nas recomendações de adubação de grandes culturas.

Em contraste, o componente osmótico do estresse salino tem efeitos semelhantes em todas as espécies de plantas. À medida que as concentrações de íons ou compostos solúveis na fase líquida do solo aumentam, a disponibilidade de água para as raízes das plantas diminui. Este fenômeno é expresso pelo potencial osmótico do extrato do solo, cuja força também depende das propriedades químicas dos compostos solúveis. Consequentemente, os fertilizantes podem diferir significativamente em seu efeito sobre o potencial osmótico do solo (VALE; GIROTTO, 2022).

Com a intenção de avaliar o efeito osmótico dos fertilizantes, na década de 1940 foi estabelecido, por Rader et al. (1943), o parâmetro conhecido como índice salino, que expressa a proporção do aumento da pressão osmótica da solução salina produzida por determinado fertilizante em comparação com a pressão osmótica de mesmo peso de nitrato de sódio (NaNO_3), que foi selecionado como padrão para medir o índice salino, pois é completamente solúvel em água, cujo valor é igual a 100. Por exemplo, o valor do índice salino do KCl considerado pelos referidos autores é 116, isto é, a salinidade desse fertilizante é 16% superior à do NaNO_3 , quando os produtos são aplicados na mesma dose. Para fins comparativos, o índice salino do KCl se aproxima ao do sal de cozinha, com 153%.

O método de Rader et al. (1943) envolve a incorporação do fertilizante ao solo (seco ao ar), seguindo-se a adição de água para elevar a umidade até 75% da sua umidade equivalente. Após cinco dias, a solução do solo é removida e nela é determinada a condutividade e o ponto de congelamento. Os valores de abaixamento do ponto de congelamento são, então, convertidos em pressão osmótica com o auxílio de tabelas desenvolvidas para a seiva de vegetais. Um valor de índice salino é, então, expresso pela relação entre o aumento da pressão osmótica devido ao fertilizante e aquele obtido com a mesma massa de NaNO_3 (RODELLA, 2018).

As tabelas de índice salino geradas pelo método de Rader et al. (1943) eram muito restritas e não incluíam os fertilizantes que foram desenvolvidos posteriormente (VALE; GIROTTO, 2022). Além disso, a evidente dificuldade em se obter os valores de índice salino dos fertilizantes pelo referido método levou ao estabelecimento de um procedimento alternativo. Assim, Jackson (1958) publicou um método de laboratório mais simples, no qual o índice salino da solução é avaliado por medida da condutividade elétrica em relação ao NaNO_3 , de forma simples e rápida. Por esse motivo, o método foi adotado pela legislação brasileira para a quantificação do índice salino em fertilizantes (RODELLA, 2018) e vários laboratórios também o utilizam para avaliar novos fertilizantes.

A condutividade elétrica expressa a habilidade que um meio apresenta em conduzir uma corrente elétrica. Devido ao fato de que a condutividade elétrica de uma solução

aquosa está intimamente relacionada com a concentração de eletrólitos dissolvidos (solutos iônicos) na solução, ela é comumente usada como uma expressão da concentração total de sais dissolvidos de uma amostra aquosa. A temperatura padrão para medição é de 25 °C e sua unidade de medida é dada em deciSiemens por metro (dS m^{-1}), ambas numericamente equivalentes (LIMA JUNIOR; SILVA, 2010).

Embora a condutividade elétrica seja um parâmetro eficaz para indicar problemas de salinidade no solo, as plantas, por sua vez, se comportam diferentemente em relação à salinidade. Algumas culturas podem tolerar concentrações relativamente elevadas de sais, outras são extremamente sensíveis. Este comportamento também pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento das plantas. Para a maioria das culturas, as fases mais sensíveis ao estresse salino estão entre a emergência e o desenvolvimento inicial das plantas (formação de raízes e de parte aérea).

Richards (1954) afirma que valores de condutividade elétrica de até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ em extrato de saturação do solo normalmente não provocam efeito negativo. Já em valores entre $2,0$ e $4,0 \text{ dS m}^{-1}$, a produtividade de culturas relativamente intolerantes à salinidade, como feijão, é afetada; entre $4,0$ e $8,0 \text{ dS m}^{-1}$, a produtividade de culturas como sorgo, milho e soja é reduzida; e em valores entre $8,0$ e $12,0 \text{ dS m}^{-1}$, somente culturas consideradas tolerantes, como arroz e algodão, produzem satisfatoriamente.

2.2. Solubilidade dos grânulos no solo

Alguns fertilizantes minerais simples, entre eles o KCl, são considerados sais. Isto significa que eles se dissolvem na água, que é o meio que transporta os nutrientes através do solo e onde estão acessíveis às raízes das plantas. A solubilidade em água é definida como a quantidade de uma substância que se dissolve em uma quantidade específica de água, a uma dada temperatura (RODELLA, 2018); é nessa forma que o K contido no KCl é garantido e fiscalizado.

O KCl é considerado um fertilizante muito solúvel no solo, já que é constituinte dos minerais silvita e silvinita, que são de fácil solubilização (NASCIMENTO et al., 2008) e capazes de persistirem apenas em condições áridas. De acordo com Cals (2022), o KCl tem solubilidade de 279 g L^{-1} a 25 °C. Apesar deste valor ter sido obtido em condições especiais de laboratório e não ponderar os variados solos agrícolas brasileiros, ajuda a prever, ainda que grosseiramente, o comportamento do KCl quando em contato com a água.

Na presença de umidade, os grânulos de KCl se dissolvem rapidamente, liberando os íons na forma catiônica K^+ e aniônica Cl^- para a solução do solo, meio aquoso de onde as raízes das plantas podem absorvê-los. O K não absorvido pode se ligar às cargas negativas na argila e na matéria orgânica do solo ou ser lixiviado, sendo esta perda mais intensa em solos arenosos. O Cl não absorvido, segundo Taiz et al. (2017), é repelido pelas cargas negativas na superfície das partículas do solo e permanece dissolvido na solução do solo, onde é

facilmente lixiviado, devido à sua alta mobilidade. Daí se justifica o fato das regiões úmidas terem pequenas quantidades de Cl no solo e as áridas e semiáridas apresentarem acúmulo, gerando toxidez de Cl às culturas mais sensíveis.

Em um experimento conduzido em Santa Carmem, MT, na safra 2021/2022, para avaliar a dissolução dos grânulos de KCl aplicados na superfície e a velocidade de liberação do K em um solo arenoso em condições de campo, verificou-se que 98% do K_2O foi liberado para a solução do solo com apenas uma precipitação de 20 mm (Figura 1), ficando, assim, passível de perdas por lixiviação. Tais resultados comprovam, na prática, a elevada solubilidade do KCl e a rapidez com que o K fica disponível para as plantas.

Em solos desprovidos de palhada, com baixos teores de matéria orgânica e baixa capacidade de troca catiônica (CTC), a alta solubilidade do KCl pode diminuir o aproveitamento do K. A aplicação de doses elevadas de KCl, distribuídas em pequenos volumes de solo no sulco de semeadura, favorece as perdas de K por lixiviação, intensificando-se sob elevados regimes pluviométricos. A aplicação exclusiva de KCl em pré-semeadura (sem complementação em cobertura), associada às culturas de ciclo longo com acúmulo tardio de K, pode afetar drasticamente a produtividade, pois corre-se o risco de as plantas não encontrarem K na solução do solo em quantidades suficientes para atender a sua demanda. Este risco é maior em solos arenosos, com as características anteriormente mencionadas, e com baixos teores de K.

De maneira geral, em solos argilosos, as desvantagens da alta solubilidade do KCl são diminuídas, porém deve-se manter os cuidados essenciais relacionados ao conhecimento dos teores de K no solo antes da aplicação, da demanda e da marcha de absorção de K pela cultura e da dose, modo e momento de aplicação do fertilizante.

O KCl incorporado ao solo, mediante aplicação no sulco e presença de umidade, é rapidamente dissolvido, pois a superfície de contato entre os grânulos e as partículas de solo é elevada. Na aplicação a lanço, apesar da menor área de

contato com o solo, os grânulos também se desintegram com certa rapidez. Contudo, sob precipitação de baixa intensidade ($< 5,0$ mm), a dissolução do fertilizante potássico sobre a superfície de um solo arenoso tende a ser mais lenta, quando comparada à de um argiloso, o que se deve à rápida perda de água nos primeiros centímetros do perfil do solo. Porém, se houver regularidade de precipitação ou umidade relativa do ar acima de 80% pós-aplicação, mantendo a umidade nas camadas superficiais do solo, a dissolução do KCl aplicado a lanço em solo arenoso será tão rápida quanto à do solo argiloso.

Na Figura 2 pode-se verificar, de certo modo, a rapidez com que os grânulos de KCl, aplicados na superfície de um solo arenoso e de um argiloso, sem cobertura vegetal (secos ao ar e acondicionados em vasos), foram se desintegrando após a primeira noite de orvalho e praticamente dissolvidos após precipitação única de 8,0 mm. Neste caso, não houve diferença visual da dissolução dos grânulos entre os solos, pelo fato de a precipitação e o solo arenoso garantirem umidade suficiente para a sua desintegração.

A rapidez com que os grânulos de KCl se dissolvem no solo também pode ser facilmente comprovada em condições de campo. Após uma única precipitação de 10 a 15 mm (depende da granulometria), não se constata a presença física de grânulos na superfície do solo.

O elevado índice salino, combinado à alta solubilidade dos grânulos no solo, são características do KCl que reforçam os cuidados que o produtor deve ter ao aplicá-lo no sulco de semeadura das culturas, sobretudo das que apresentam sensibilidade ao estresse salino, como é o caso da soja.

2.3. Utilização do KCl na cultura da soja

A principal fonte de K utilizada na cultura da soja é o KCl, seguido de fertilizantes formulados NPK que também costumam tê-lo em sua composição, nos casos das misturas de grânulos. Entre os fatores que elegem o KCl como o mais utilizado pelos produtores estão a sua alta concentração de K_2O solúvel em água, rápida dissolução no solo e ação na planta e maior viabilidade econômica (menor custo por kg do elemento K e economia em despesas com frete “dentro e fora da porteira”).

Para a utilização de KCl em soja, os dois principais aspectos técnicos a serem destacados são a dose e a forma de aplicação, com ênfase no parcelamento e na localização. A preocupação com a dose justifica-se pela necessidade de se atender às exigências das plantas e porque o Brasil é um grande importador de KCl; já o parcelamento da dose é necessário devido à influência da CTC do solo na disponibilidade de K (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010), que pode tornar as perdas do nutriente por lixiviação mais intensas.

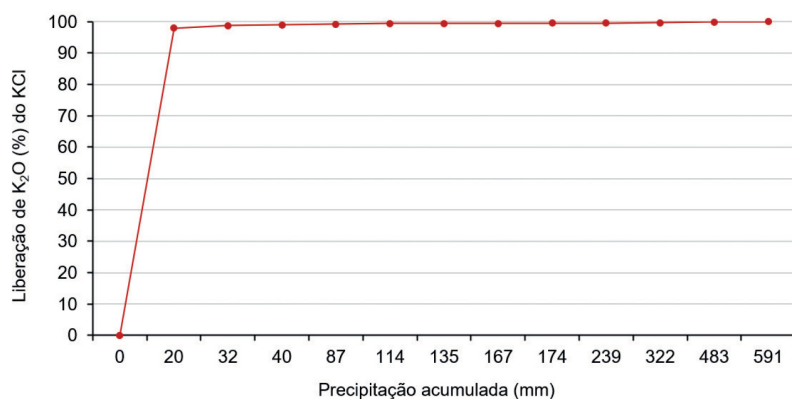


Figura 1. Liberação cumulativa de K_2O do KCl aplicado na superfície de um solo arenoso em função da precipitação a campo.

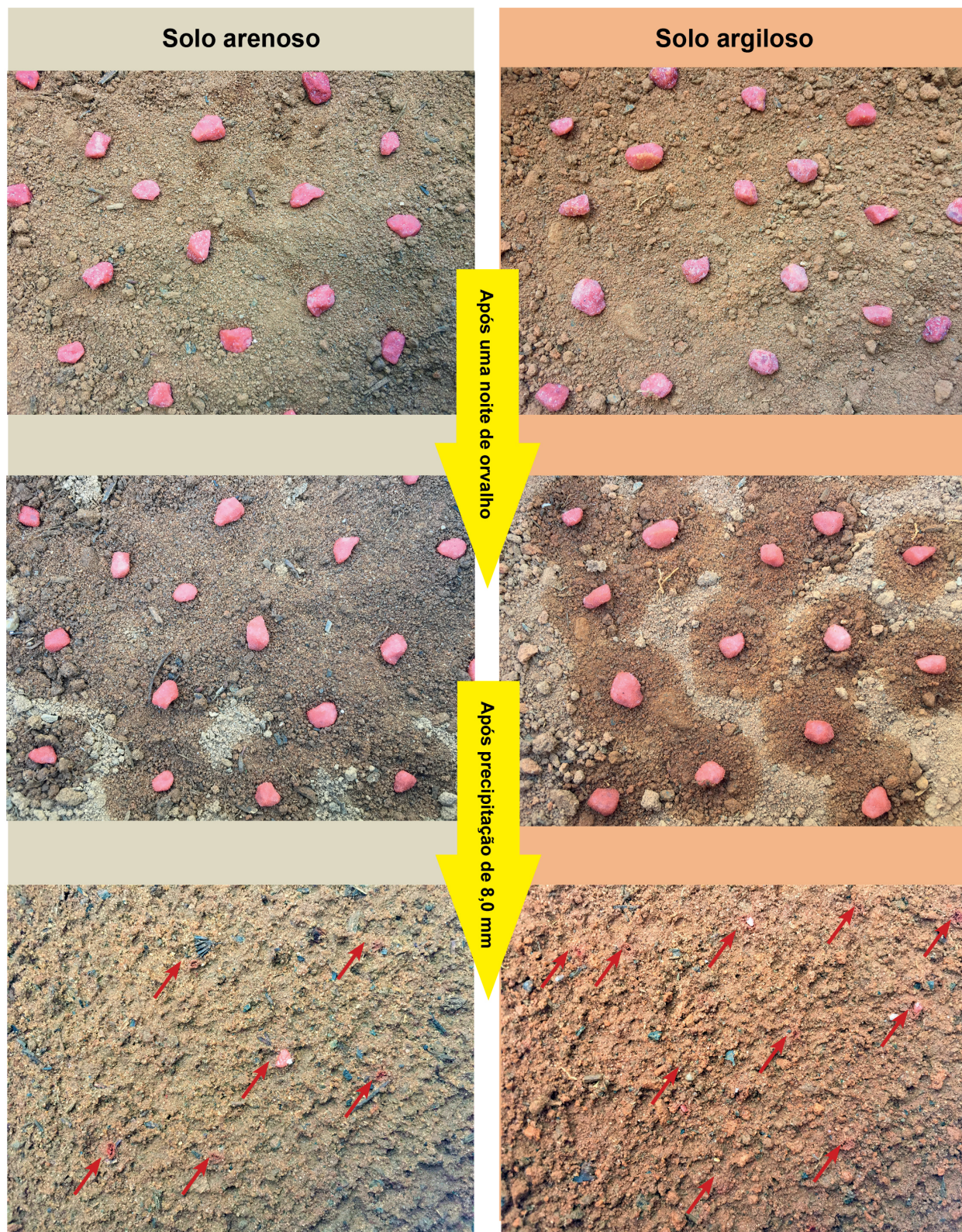


Figura 2. Evolução da dissolução dos grânulos de KCl aplicados sobre a superfície em solo arenoso e argiloso após a primeira noite de orvalho e após precipitação única de 8,0 mm. As setas apontam resquícios de grânulos desintegrados.

As doses de KCl comumente utilizadas em soja oscilam entre 130 e 200 kg ha⁻¹, cuja variação é fundamentada na disponibilidade de K no solo, textura do solo, histórico de adubação, demanda da cultura e eficiência econômica da adubação. A preocupação com a dose não se restringe às justificativas anteriormente mencionadas. Em solos com excesso de K, a deficiência de Mg na planta pode ser intensificada (Figura 3), pois ocorre inibição competitiva entre estes nutrientes durante o processo de absorção. Portanto, altas doses de K devem ser evitadas, sobretudo em solos cujo teor de Mg se encontra próximo ao nível crítico (KAPPES, 2022).



Figura 3. Deficiência de Mg na cultura da soja intensificada pela aplicação de 180 kg ha⁻¹ de K₂O, como KCl, a lanço, em solo arenoso.

Resultados obtidos pela Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso (Aprosoja Mato Grosso) em Campo Novo do Parecis, MT, na safra 2017/2018, mostraram que, em solo de textura arenosa, a aplicação de doses crescentes de K₂O a lanço no dia da semeadura da soja provocou reduções nas concentrações foliares de Ca e Mg no florescimento da cultura, com reflexos negativos na produtividade de grãos (Figura 4). Apesar da redução da produtividade, os teores foliares de Ca permaneceram dentro da faixa de suficiência para a cultura, que é entre 4 e 20 g kg⁻¹, enquanto os teores de Mg ficaram insuficientes a partir da dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O, cujo intervalo de suficiência está entre 3 e 10 g kg⁻¹ (SOUSA; LOBATO, 2004). Entretanto, não se espera prejuízos no desenvolvimento e na produtividade de grãos a curto prazo com o uso de elevadas doses de K em solos com níveis adequados a altos de Ca e Mg.

A aplicação de KCl em soja é predominantemente realizada a lanço por permitir maior rendimento operacional no momento da semeadura, oferecer baixo risco de toxi-

dez à cultura e ter eficiência agrônômica similar à da aplicação em sulco em áreas planas, cujos teores de K no solo não estejam críticos, o que é interessante por proporcionar maior flexibilização do manejo da adubação potássica. Esta eficiência se torna semelhante entre as formas de aplicação devido à elevada solubilidade do KCl, mas é restrita ao uso de doses baixas deste fertilizante no sulco. No caso de doses altas, a aplicação a lanço se apresenta mais eficaz e os efeitos negativos da adição excessiva de KCl no sulco sobre as plantas serão evidentes. No Brasil, vários pesquisadores constataram que a aplicação de KCl a lanço, antes ou depois da semeadura da soja, apresentou melhor resultado em comparação à aplicação no sulco de semeadura (SALIB et al., 2012; MANTOVANI et al., 2017; AVILA; CASIMIRO, 2018), por atenuar substancialmente os problemas de estresse salino.

Em solos argilosos no Mato Grosso, cultivados por vários anos e com teores de K adequados a altos, é comum a aplicação de todo o KCl a lanço em pré-semeadura da soja, na maior parte dos casos sobre palhada de milho cultivado na safrinha anterior (Figura 5).

Em solos arenosos, com ineficiência natural no aproveitamento do K (baixa CTC e baixo teor de matéria orgânica, principalmente), as aplicações parceladas de KCl assumem maior representatividade, sendo comum a aplicação de 40% a 60% da dose programada de KCl no momento da semeadura e o restante em cobertura (Figura 5), 25 a 30 dias após a emergência da cultura. Sousa e Lobato (2004) recomendam o parcelamento das doses de K₂O maiores que 40 kg ha⁻¹ a serem aplicadas em solos com CTC menor que 4,0 cmol_c dm⁻³ a pH 7,0.

Nas aplicações a lanço de KCl, cuidados operacionais devem ser adotados para que haja uniformidade em sua deposição na superfície do solo, que, por sua vez, pode ser afetada pela má regulagem do equipamento e utilização

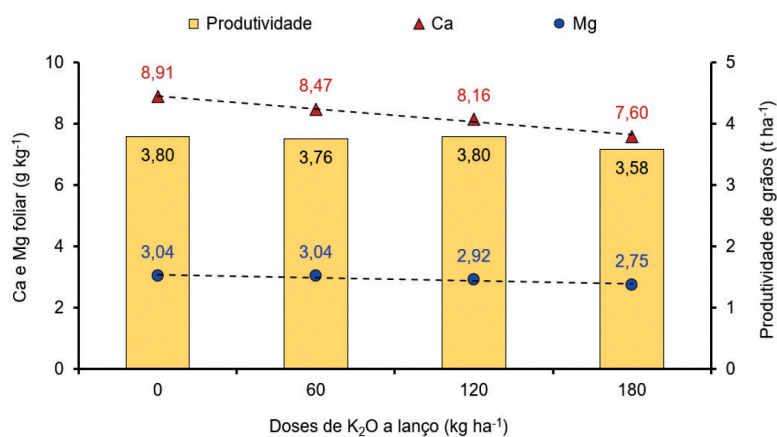


Figura 4. Teores foliares de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no florescimento e produtividade de grãos de soja em resposta a doses de potássio (K₂O) via KCl a lanço, no dia da semeadura, em solo arenoso.

Fonte: Elaborada a partir de Aprosoja Mato Grosso (2018).



Figura 5. KCl aplicado a lanço em pré-semeadura em solo argiloso e em cobertura da cultura da soja em solo arenoso.

de faixas demasiadamente largas (não ocorre o alcance e a sobreposição adequada dos grânulos).

Outro aspecto técnico que pode afetar a uniformidade de deposição do KCl sobre o solo diz respeito à sua qualidade física. Quando esta é indesejável (por exemplo: presença de pó, grânulos “esfarelados” ou formação de torrões/empedramentos), não há equipamento no mercado que assegure uma uniformidade de deposição satisfatória. Ademais, quando a aplicação a lanço de KCl é realizada com a cultura estabelecida – comum nas adubações potássicas complementares em solos arenosos – a presença de pó ou grânulos “esfarelados” é suficiente para provocar toxidez nas folhas do terço superior das plantas, resultado de uma “queima” caracterizada pela desidratação do tecido (Figura 6).

A injúria observada nas plantas é resultado da toxidez causada pelas partículas finas do KCl em contato com o tecido foliar e não da toxidez sistêmica, em que distúrbios nutricionais e fisiológicos poderiam estar envolvidos. Neste caso, a toxidez foi potencializada por duas condições ambientais:

i) noite com presença de orvalho, fazendo com que as partículas se dissolvessem e se impregnassem no limbo foliar; e ii) radiação solar no dia seguinte à aplicação. Logo, quando ocorre precipitação após a aplicação, as frações finas do fertilizante sobre as folhas são lavadas e não provocam sintomas de toxidez nas mesmas. Mas, pra que esse efeito negativo seja eliminado ou ao menos amenizado é necessário que a precipitação ocorra antes que as partículas de KCl se dissolvam sobre as folhas, portanto, sob condição de baixa umidade relativa do ar.

Na prática, o produtor pode contornar este problema com a adoção de algumas medidas, entre elas: aquisição de fertilizante com qualidade física satisfatória, com o mínimo de partículas finas possível; aplicação do fertilizante em horários com baixa temperatura e baixa umidade relativa do ar; quando a cultura se encontrar com as folhas secas; antes de precipitações (previsões); e irrigar a cultura imediatamente após a aplicação. Esta última medida é restrita aos produtores que têm sistema de irrigação complementar.



Figura 6. Folhas de soja com toxidez ocasionada pelo KCl aplicado a lanço, em cobertura da cultura.

na safrinha anterior, respectivamente. Os atributos químicos e físicos dos solos experimentais na camada de 0-20 cm são apresentados na Tabela 1.

As doses de potássio estudadas foram 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O via KCl (60% de K₂O), as quais foram depositadas manualmente a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco de semeadura. Em ambos os experimentos, a cultivar de soja utilizada foi a TMG 2381 IPRO e a semeadura foi realizada em 22/11/2021. As sementes foram tratadas com ciantranilprole (1,0 g kg⁻¹), metalaxil-M (0,02 g kg⁻¹), tiabendazol (0,15 g kg⁻¹) e fludioxonil (0,03 g kg⁻¹) e depositadas a 3 cm de profundidade, evitando o seu contato direto com o KCl, principalmente na profundidade mais rasa de posicionamento do fertilizante (4 cm).

Decorridos 12 dias da semeadura, além de registros dos aspectos visuais, determinou-se: i) emergência de plântulas; ii) comprimento de parte aérea e da raiz pivotante; iii) massa seca de parte aérea e massa seca total do sistema radicular das plântulas.

3.1. Aspectos visuais da toxidez

Na Figura 9 pode-se verificar os sintomas visuais de toxidez gerados pelo KCl nos cotilédones e nas folhas primárias das plântulas de soja com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de K₂O em solo arenoso e de 100 kg ha⁻¹ de K₂O em solo argiloso – em ambas as situações o fertilizante foi depositado a 4 cm de profundidade no sulco de semeadura. A toxidez causada pela dose de 50 kg ha⁻¹ de K₂O foi potencializada pela proximidade de deposição do KCl em relação à semente. Apesar

desta ser considerada uma dose segura, um distanciamento mínimo deve ser respeitado entre o fertilizante potássico e a semente para que não ocorra toxidez.

As injúrias nas extremidades apicais dos cotilédones foram ocasionadas pelo contato com o KCl durante o processo de germinação da semente, culminando em um aspecto de “queima”, que é resultado da desidratação dos tecidos cotilédones. Portanto, essa também se trata de toxidez por contato e não de toxidez sistêmica, como abordado anteriormente.

Por sua vez, a toxidez caracterizada pelo enrugamento do limbo foliar e deformação do ápice e de parte das margens das folhas primárias foi considerada sistêmica, pois está relacionada com a absorção excessiva do elemento Cl no solo, disponibilizado pelo KCl. Embora o Cl seja benéfico e necessário para a reação de clivagem da água na fotossíntese pela qual o oxigênio é produzido e para a divisão celular em folhas e raízes (TAIZ et al., 2017), o seu excesso na planta pode provocar prejuízos adversos. Os íons Cl absorvidos pelas raízes são rapidamente translocados para as folhas mais novas devido à sua alta mobilidade na planta, onde se acumulam e promovem queimadura do ápice e das margens, seguida de amarelecimento e queda prematura (LITZ; MUKHERJEE, 2009). A magnitude dos danos causados pela alta concentração de Cl na planta depende do tempo, concentração, tolerância da cultura e volume de água transpirado (SOUSA et al., 2011). Quando a toxidez permanece na planta durante todo o seu desenvolvimento, não ocorre formação de vagens, ou estas se desprendem com facilidade.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos dos solos experimentais na camada de 0-20 cm.

----- Solo arenoso -----											
pH	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	S	MO	T	V	m
CaCl ₂	----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----			g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	----- % -----	
4,6	1,3	0,5	0,3	3,4	2,4	43,4	3	16,7	5,3	37	12
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Areia	Silte				
----- mg dm ⁻³ -----							----- % -----				
0,17	0,3	27	1,5	0,7	14,5	80,2	5,3				
----- Solo argiloso -----											
pH	Ca	Mg	Al	H+Al	P	K	S	MO	T	V	m
CaCl ₂	----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----			g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	----- % -----	
4,9	2,1	0,6	0,0	3,4	9,6	34,5	16	19,6	6,1	44,9	0,0
B	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Areia	Silte				
----- mg dm ⁻³ -----							----- % -----				
0,16	1,5	37	2,0	5,1	40,8	51,0	8,2				

Legenda: MO = matéria orgânica; T = CTC a pH 7,0; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

Extratores: pH CaCl₂ (CaCl₂ 0,01 M 2,5:1 de solo); P, K, Cu, Fe, Mn e Zn (Mehlich-1); S (fosfato monocálcico); Ca, Mg e Al (KCl 1M); B (BaCl₂ 0,125% a quente); H+Al (acetato de Ca a pH 7,0); MO (dicromato de Na); análise textural (NaOH 0,1M); T, V e m (cálculos).



Figura 9. Plântulas de soja com sintomas de toxidez nos cotilédones e nas folhas primárias ocasionada pelo KCl depositado a 4 cm de profundidade no sulco de semeadura em solo arenoso e argiloso.

Munns e Tester (2008) mencionam que quando a concentração de Cl no citosol das células das folhas fica acima de certo limiar, geralmente 150-200 μmol , as enzimas e as estruturas fotossintéticas são danificadas. Isso demonstra, portanto, que a soja não é tolerante ao estresse salino e não está entre as culturas capazes de ativar mecanismos de compartimentação, ou seja, de armazenar os íons salinos em vacúolos e órgãos a fim de evitar sua influência danosa, conforme reportado por Vale e Girotto (2022).

Outros danos provocados pelo aumento das doses de KCl no sulco de semeadura em solo arenoso e argiloso podem ser facilmente observados nas Figuras 10 e 11, respectivamente: limitação no desenvolvimento de parte aérea das plântulas, da raiz pivotante e na emissão e distribuição das raízes secundárias. Ficou evidente que os cuidados com o posicionamento do KCl devem ser redobrados em solos arenosos, pois o seu menor efeito tampão e a limitada capacidade de retenção de água e manutenção de umidade intensificam o estresse salino e, conseqüentemente, exercem maior efeito negativo sobre a germinação das sementes e o desenvolvimento de plântulas.

3.2. Emergência das plântulas

Perdas na emergência de plântulas foram constatadas de maneira mais intensa no solo arenoso, com o aumento das doses de KCl no sulco (Figura 12). Neste ambiente de cultivo, a menor dose testada (50 kg ha^{-1} de K_2O), a 4 cm de profundidade, reduziu em 30% a emergência de plântulas; já quando foram aplicados 200 kg ha^{-1} de K_2O a redução na emergência chegou a 80%. Contudo, quando o KCl foi posicionado a 9 cm de profundidade os efeitos negativos foram ameniza-

dos, mas não a ponto de evitar reduções na emergência com a aplicação de 150 e 200 kg ha^{-1} de K_2O , as quais foram de 5% e 30%, respectivamente.

Salton et al. (2002), visando quantificar os danos do estresse salino gerado pelo fertilizante NPK 00-20-20 no sulco de semeadura da soja, em doses correspondentes a 0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha^{-1} de K_2O , conduziram um experimento em casa de vegetação, em bandejas com areia lavada, e verificaram redução significativa do número de plantas emergidas com o aumento na dose do fertilizante. De acordo com os pesquisadores, a diferença foi observada na menor dose de K_2O (30 kg ha^{-1}), cuja redução de emergência foi em torno de 30%, valor semelhante ao constatado no presente estudo com a menor dose de K_2O (50 kg ha^{-1}) no solo arenoso.

Outros pesquisadores também obtiveram reduções significativas na germinação de sementes de soja devido ao estresse salino (MORAES; MENEZES, 2003; CARVALHO et al., 2012; SOARES et al., 2015). Apesar de terem sido executados em condições controladas, os resultados destas pesquisas são muito válidos, pois reforçam os cuidados que o produtor deve ter ao aplicar o KCl no sulco de semeadura.

A menor emergência de plântulas ocorre devido ao estresse salino gerado pelo KCl nas regiões fertilizadas e à redução do potencial hídrico nas adjacências das sementes, limitando a capacidade destas de absorver água e inviabilizando a sequência de eventos relacionados ao processo germinativo. Este processo é intensificado quando o solo tem baixa umidade, comum em solos descobertos e nas primeiras semeaduras, ocasião em que as precipitações são irregulares. Portanto, são condições nas quais os cuidados devem ser redobrados.

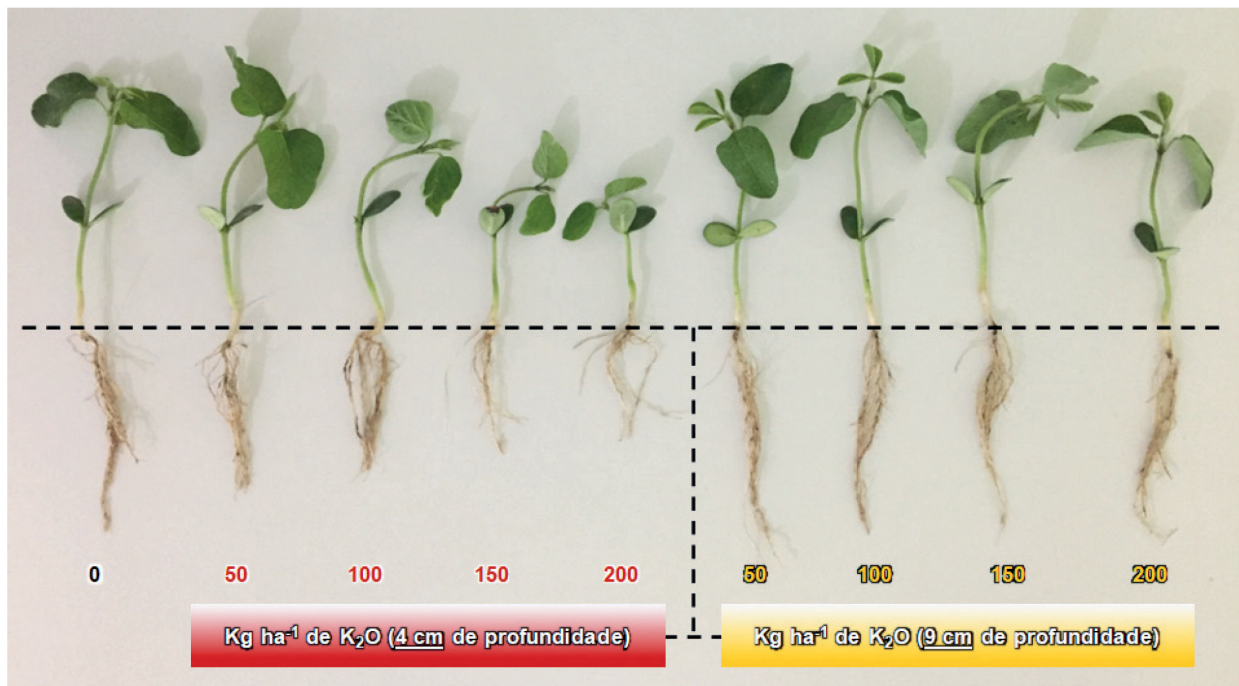


Figura 10. Resposta das plântulas de soja a doses crescentes de potássio (K_2O) via KCl depositadas a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco em solo arenoso.

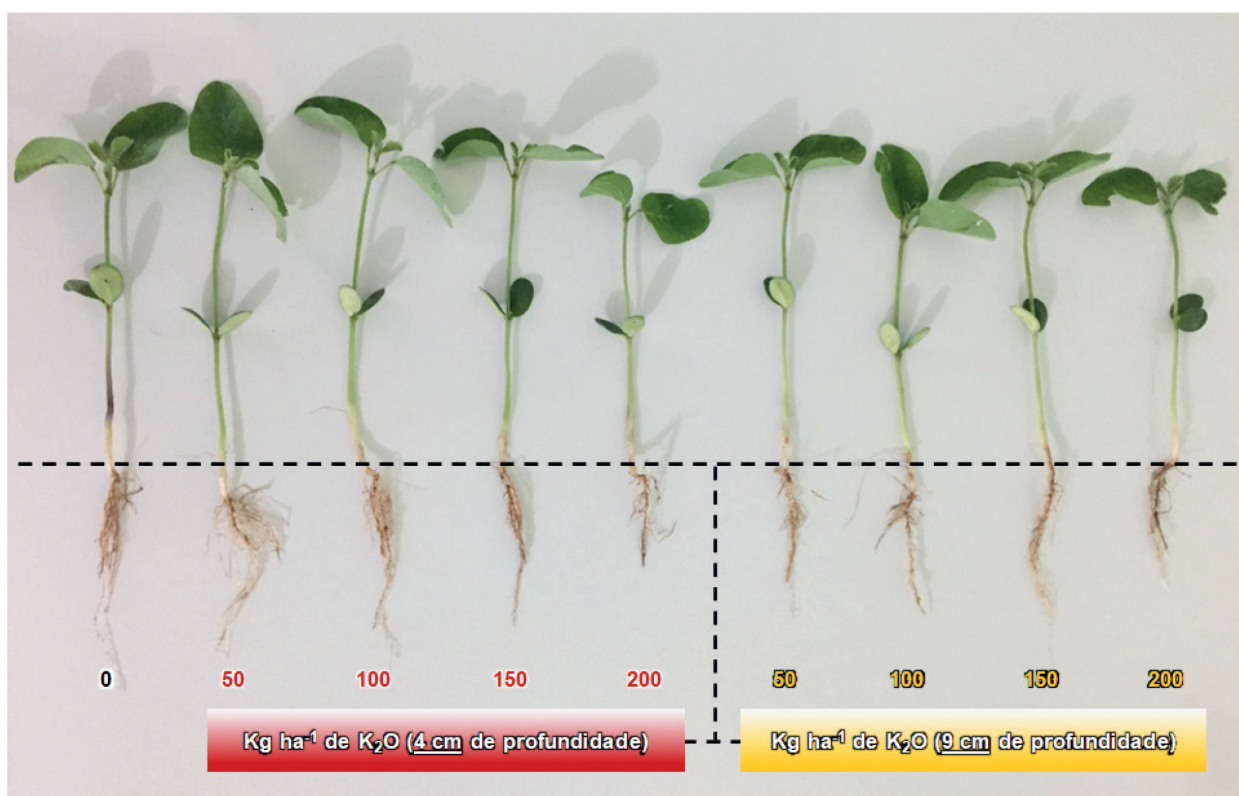


Figura 11. Resposta das plântulas de soja a doses crescentes de potássio (K_2O) via KCl depositado a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco em solo argiloso.

O efeito depressivo na emergência de plântulas não se deve apenas à restrição na absorção de água pelas sementes imposta pelo estresse salino. De acordo com Taiz et al. (2017), dependendo da intensidade do estresse salino, as sementes podem se desidratar, ou seja, em vez destas se embeberem, podem perder água, pois o potencial osmótico da semente fica menor do que o da solução salina do solo. Pode ocorrer, ainda, inibição da mobilização das reservas e distúrbios nos sistemas de membranas do eixo embrionário, ocasionando decréscimos no potencial germinativo das sementes.

No solo argiloso, os danos gerados pelo KCl sobre a emergência das plântulas foram mais sutis, em comparação ao solo arenoso (Figura 12). Inevitavelmente, quando o KCl foi posicionado a 4 cm de profundidade, as reduções na emergência ocorreram a partir da dose de 50 kg ha⁻¹ de K₂O (redução de 8%) até os 200 kg ha⁻¹ de K₂O (redução de 18%). Por outro lado, quando o KCl foi depositado a 9 cm de profundidade, somente na maior dose testada (200 kg ha⁻¹ de K₂O) observou-se danos (redução de 7% na emergência).

É evidente que os cuidados com a dose de KCl e o seu posicionamento no sulco devem ser redobrados nos cultivos de soja em solos arenosos, uma vez que o potencial de dano na fase de estabelecimento da cultura é superior, quando comparado aos solos argilosos. Nesta situação, são previsíveis reduções na população de plantas e na produtividade, como também aumento de problemas com plantas daninhas, as quais passam a se desenvolver de maneira mais efetiva nos espaços não ocupados pela cultura principal.

3.3. Comprimento da parte aérea e da raiz pivotante

Com o incremento das doses de KCl a 4 cm de profundidade no solo arenoso houve redução acentuada do comprimento da parte aérea das plântulas (Figura 13), corroborando com os resultados obtidos por Salton et al. (2002). Entretanto, tais danos foram consideravelmente reduzidos com o KCl posicionado mais profundamente, a 9 cm. No solo argiloso, independentemente da profundidade de deposição do KCl no sulco, os danos no comprimento da parte aérea foram menores, em relação ao solo arenoso, e estes só foram preocupantes com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de K₂O.

Os efeitos do estresse salino nas plantas ocorrem por meio de um processo de duas fases: uma resposta rápida à ele-

vada pressão osmótica na interface raiz-solo e uma resposta mais lenta causada pela acumulação de Cl nas folhas. Na fase osmótica, há diminuição no crescimento da parte aérea, com redução da expansão foliar e inibição da formação de gemas laterais. A segunda fase se inicia com a acumulação de quantidades tóxicas de Cl nas folhas, levando à inibição da fotossíntese e dos processos biossintéticos (TAIZ et al., 2017).

O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de KCl pode atingir um nível tão alto que a planta não terá força de sucção suficiente para superar o potencial osmótico e, em consequência, não irá absorver água e nutrientes, devido à condição de estresse hídrico, sendo este processo também denominado de seca fisiológica (DIAS; BLANCO, 2010). Ainda, de acordo com os autores, a planta poderá perder a água que se encontra no interior das raízes, em vez de absorvê-la, pois o seu potencial osmótico será menor do que o do solo. Assim, esta tem sido a maior causa da redução do crescimento das plantas.

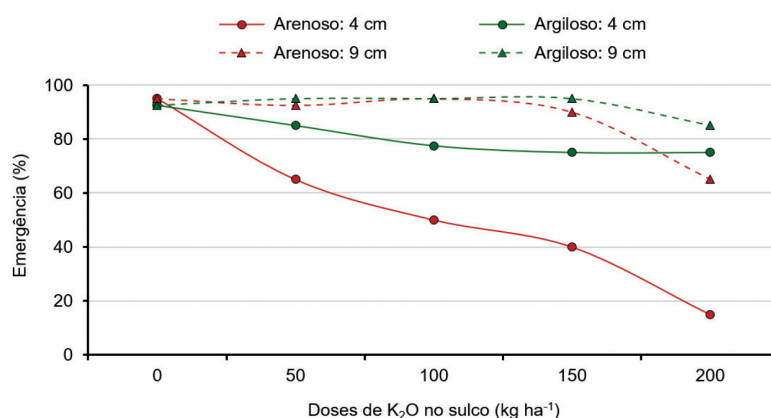


Figura 12. Emergência de plântulas de soja em resposta a doses de potássio (K₂O) via KCl depositado a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco em solo arenoso e argiloso.

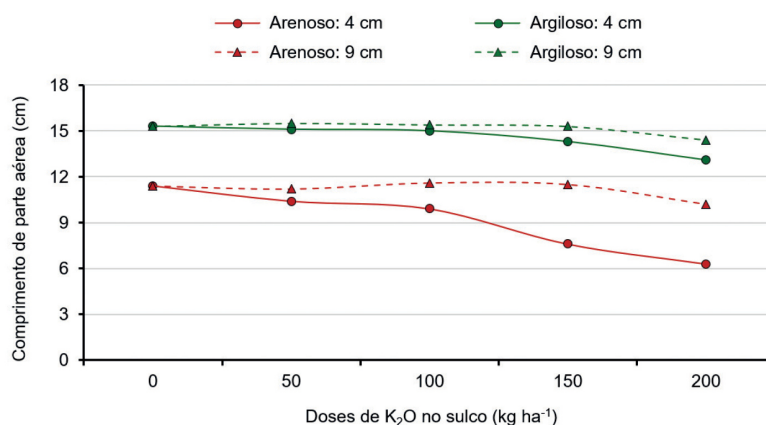


Figura 13. Comprimento de parte aérea de plântulas de soja em resposta a doses de potássio (K₂O) via KCl depositado a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco em solo arenoso e argiloso.

De maneira similar às constatações de Salton et al. (2002), houve redução acentuada do comprimento da raiz pivotante com o incremento das doses de KCl aplicadas a 4 cm de profundidade no solo arenoso (Figura 14), o que comprova a limitação do desenvolvimento radicular imposta pelo estresse salino na região do sulco. Contudo, tal redução foi amenizada com o posicionamento do fertilizante a 9 cm de profundidade. No solo argiloso, o aumento das doses de KCl tanto a 4 cm quanto a 9 cm de profundidade afetou o desenvolvimento da raiz pivotante, embora de maneira menos drástica do que a verificada no solo arenoso.

Percebe-se, ainda, que no solo arenoso as raízes pivotantes se desenvolveram mais, comparado ao solo argiloso, quando o KCl foi aplicado a 9 cm de profundidade, possivelmente pela menor resistência mecânica à penetração que este solo oferece.

Na prática, a restrição ao desenvolvimento inicial da raiz pivotante provocada pelas maiores doses de KCl representa atraso no desenvolvimento das plantas e limitação na obtenção de altas produtividades por restringir a exploração efetiva do solo e, conseqüentemente, comprometer a absorção de água e nutrientes, sobretudo nas fases de enchimento de grãos, em que a demanda pela planta se torna elevada. Além disso, plantas que apresentam limitação ou atraso no desenvolvimento radicular tornam-se mais suscetíveis aos ataques de nematoides, doenças e pragas de solo. Pode-se, ainda, associar estes resultados aos constatados por Cakmak (2005), ao afirmar que plantas cultivadas em ambiente sob estresse salino tendem a ter menor atividade fotossintética e, conseqüentemente, menor massa de grãos e produtividade de grãos.

Dependendo da magnitude do estresse salino, as raízes também podem se desidratar devido ao seu menor potencial osmótico em relação ao da solução do solo, tornando-se porta de entrada aos patógenos presentes no solo.

3.4. Massa seca de parte aérea e do sistema radicular

Os danos causados pelo KCl aplicado a 4 cm de profundidade no solo arenoso sobre o desenvolvimento das plântulas são comprovados pela drástica redução na produção de massa seca de parte aérea (Figura 15). Contudo, este

prejuízo agrônômico foi diminuído com o posicionamento do KCl a 9 cm de profundidade no referido ambiente ou sob condição de solo argiloso, independentemente da profundidade de aplicação do fertilizante.

O estresse salino pode afetar as plantas por causar um desbalanço nutricional, e o excesso de íons no solo inibe a absorção de outros íons. Por exemplo, quando a concentração de Cl no solo está alta, a absorção de nutrientes, como o nitrato, é reduzida (LARCHER, 2006), refletindo na redução do acúmulo de massa seca das plantas.

Em relação à massa seca do sistema radicular, verifica-se redução em seus valores com o aumento das doses de KCl aplicadas a 4 cm de profundidade no sulco em solo arenoso e em argiloso (Figura 16). Novamente, a deposição do fertilizante potássico na camada mais profunda aliviou os danos gerados pelas altas doses em ambos os ambientes de cultivo.

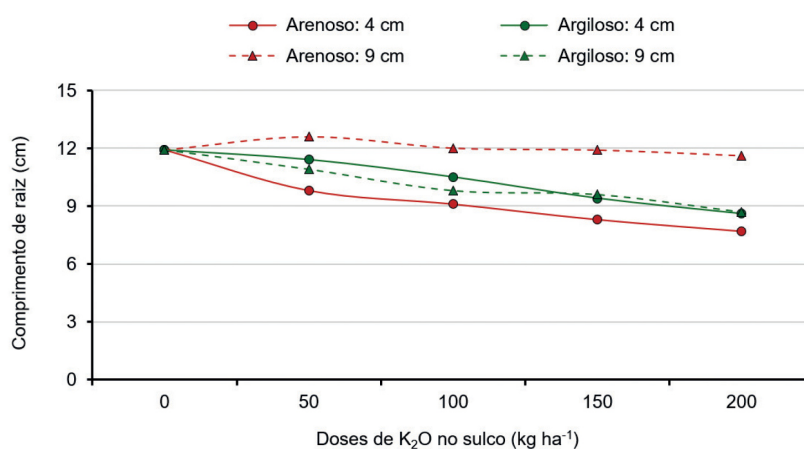


Figura 14. Comprimento da raiz pivotante de plântulas de soja em resposta a doses de potássio (K₂O) via KCl depositado a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco em solo arenoso e argiloso.

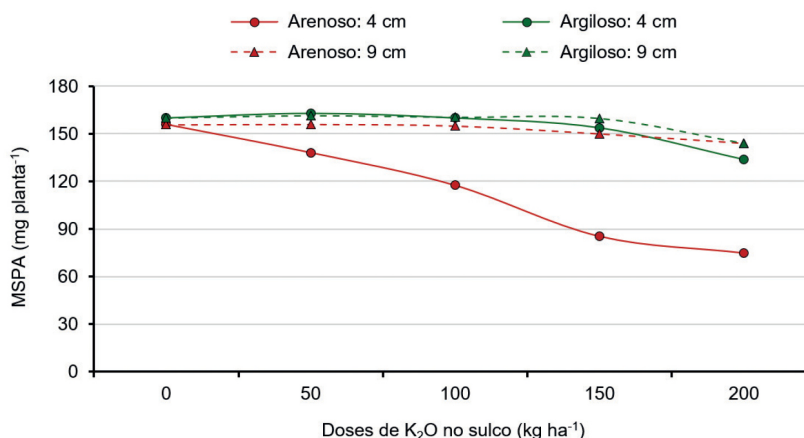


Figura 15. Massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de soja em resposta a doses de potássio (K₂O) via KCl depositado a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco em solo arenoso e argiloso.

Outro possível efeito negativo das altas doses de KCl, mas não mensurado neste estudo, é a redução da população de microrganismos no solo – seres essenciais para os processos de oxidação, nitrificação, amonificação, fixação de N e outros que levam à decomposição da matéria orgânica e à transformação de nutrientes no solo.

3.5. Condições climáticas

É importante ponderar que os experimentos foram conduzidos sob boa regularidade na distribuição de precipitações (Figura 17), ou seja, sob condições não favoráveis à manifestação de danos do KCl na cultura. Por ter alta mobilidade no solo, o Cl é lixiviado com maior intensidade com as precipitações regulares, diminuindo sua concentração na solução do solo e amenizando os problemas de toxidez.

Provavelmente, sob condições de baixa disponibilidade de água no solo, os danos provocados pelo KCl seriam potencializados e de maior intensidade do que os constatados neste estudo, pois a precipitação é insuficiente para lixiviar o Cl excessivo e concentrado nas camadas superficiais do solo. Daí a recomendação para que o produtor tenha muito cuidado com os cultivos em solos desprovidos de palha e nas primeiras semeaduras, ocasião em que as precipitações são irregulares. As mesmas preocupações são válidas para os solos com drenagem dificultada.

Challiol (2016), após estudar várias fontes de K na soja, entre elas o KCl, não constatou redução no estabelecimento de plantas. O autor atribuiu tal resultado à precipitação abundante no momento da semeadura que, certamente, atenuou os efeitos do estresse salino.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A toxidez por KCl em plântulas de soja é mais intensa em solos arenosos, sugerindo que os cuidados sejam redobrados ao utilizá-lo. Havendo necessidade da utilização de doses elevadas de KCl neste ambiente de cultivo, recomenda-se que estas sejam aplicadas a lanço e de forma parcelada – parte da dose na ocasião da semeadura e o restante em cobertura.

Em áreas com declividade acentuada, onde o KCl aplicado a lanço pode ser perdido por escoamento superficial, o aprofundamento da deposição do fertilizante no sulco é uma estratégia para evitar a perda e amenizar os danos provocados pelo estresse salino. Contudo, em dose elevada

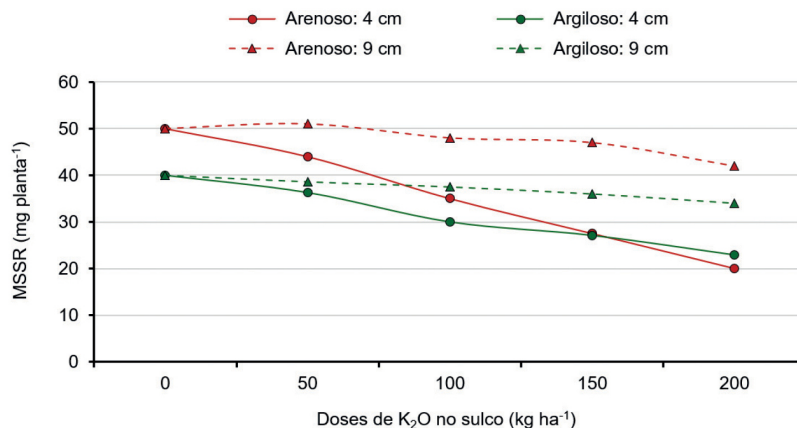


Figura 16. Massa seca do sistema radicular (MSSR) de plântulas de soja em resposta a doses de potássio (K₂O) via KCl depositado a 4 e a 9 cm de profundidade no sulco em solo arenoso e argiloso.

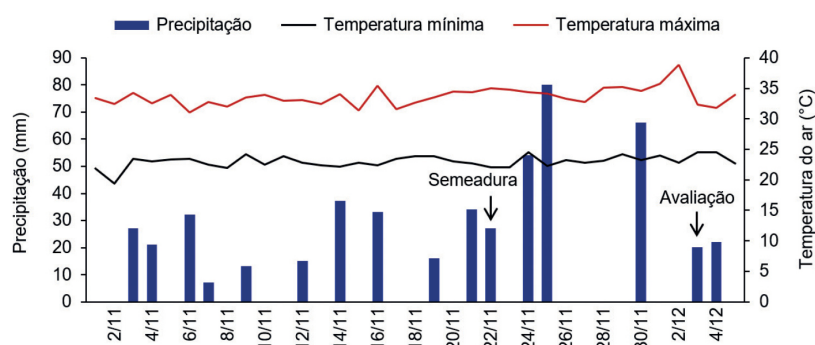


Figura 17. Precipitação e temperaturas mínima e máxima do ar registradas durante a condução dos experimentos.

(200 kg ha⁻¹ de K₂O) não há o que fazer, e independentemente da condição textural do solo haverá danos no desenvolvimento das plântulas.

Quanto maior a distância do KCl em relação à semente, menores serão os riscos de danos. O aprofundamento do fertilizante potássico no sulco é mais eficaz do que a redução da dose de KCl na atenuação dos riscos de toxidez às plântulas. Caso a semeadora-adubadora não proporcione condições operacionais para depositar o fertilizante potássico a 9 cm de profundidade em solo argiloso, então não se deve ultrapassar os 50 kg ha⁻¹ de K₂O na adubação. No caso do solo arenoso, deve-se evitar esta modalidade de aplicação por ela comprometer expressivamente a emergência das plântulas.

5. REFERÊNCIAS

APROSOJA MATO GROSSO. Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso. **Avaliação de doses e épocas da adubação potássica para a soja cultivada sobre solo arenoso**. 2018. Disponível em: <<http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/RF-Dinamica-do-K.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2022.

- AVILA, T. S.; CASIMIRO, E. L. N. Diferentes épocas e formas de aplicação de KCl (cloreto de potássio) na cultura da soja. In: SEMANA ACADÊMICA DE AGRONOMIA, 12., 2018, Cascavel. **Anais da Seagro...** Cascavel: Centro Universitário Assis Gurgacz, 2018. p. 37-40.
- CAKMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p. 239-260.
- CALS. College of Agriculture and Life Sciences. **2022 North Carolina agricultural chemicals manual**. Disponível em: <<https://content.ces.ncsu.edu/north-carolina-agricultural-chemicals-manual/fertilizer-use/>>. Acesso em: 16 abr. 2022.
- CARVALHO, T. C.; SILVA, S. S.; SILVA, R. C.; PANOBIANCO, M. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1366-1371, 2012.
- CHALLIOL, M. A. **Produtividade da soja sob fontes e épocas de aplicação de potássio**. 2016. 14 f. Monografia (Especialização em Fertilidade do Solo) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016.
- COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.
- DIAS, N. D.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 129-140.
- KAPPES, C. Identificação visual de deficiência nutricional em soja. **Informativo Técnico NemaBio**, n. 1, p. 1-37, 2022.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 531 p.
- LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p. 1-21, 2010.
- LITZ, R. E.; MUKHERJEE, S. K. Introduction: Botany and importance. In: LITZ, R. E. **The mango: Botany, production and uses**. Wallingford: CAB International, 2009. p. 1-18.
- MANTOVANI, A.; RIBEIRO, F. J.; VEIGA, M.; ZILIO, M.; FELICIO, T. P. Métodos de aplicação de potássio na soja em Nitossolo Vermelho. **Unoesc & Ciência**, v. 8, n. 2, p. 169-176, 2017.
- MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.
- NASCIMENTO, M.; MONTE, M. B. M.; LOUREIRO, F. E. L. Agrominerais: potássio. In: LUZ, A. B. L.; LINS, F. (Eds.). **Rochas e minerais industriais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cetem, 2008. p. 175-205.
- OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. Soja. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: Culturas**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. p. 1-38.
- RADER, L. F. Jr.; WHITE, L. M.; WHITTAKER, C. W. The salt index: a measure of the effect of fertilizers on the concentration of the soil solution. **Soil Science**, v. 55, p. 201-218, 1943.
- REETZ, H. F. **Fertilizantes e o seu uso eficiente**. São Paulo: ANDA, 2017. 178 p.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory, 1954. 159 p. (USDA Agriculture Handbook, 60).
- RICHETTI, P. **Tendências da produção de fertilizantes no Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/tendencias-da-producao-de-fertilizantes-no-brasil>> Acesso em: 20 abr. 2022.
- RODELLA, A. A. **Requisitos de qualidade dos fertilizantes minerais**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2018. 226 p.
- SALIB, G. C.; PERIN, A.; RIBEIRO, J. M. M.; RATKE, R. F.; SILVEIRA, F. O.; SILVA JR., N. J. Desempenho da cultura da soja submetida ao parcelamento da adubação potássica. In: CONGRESSO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO, 1., 2012, Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: IF Goiano, 2012. p. 1-3.
- SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; TIRLONI, C.; GANCEDO, M. **Cloreto de potássio na linha de semeadura pode causar danos à soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 3 p. (Comunicado Técnico, 64).
- SOARES, M. M.; SANTOS JR., H. C.; SIMÕES, M. G.; PAZZIN, D.; SILVA, L. J. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.
- SOUSA, A. B. O.; BEZERRA, M. A.; FARIAS, F. C. Germinação e desenvolvimento inicial de clones de cajueiro comum sob irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 390-394, 2011.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, R.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- VALE, F.; GIROTTO, E. S. Eficiência da adubação com o mineral polihalita: um fertilizante multinutriente. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 13, p. 25-40, 2022.



SEGREGAÇÃO GRANULOMÉTRICA NA APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES A LANÇO

Lucas Campos Giosa¹

Gustavo Barbosa Micheli²

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro é o setor produtivo que mostrou melhor desenvolvimento econômico nos últimos anos, e foi o único a apresentar crescimento em 2020 – ano do início da crise gerada pela pandemia (IBGE, 2021). Além disso, é um dos setores mais dinâmicos, com práticas intensivas de produção, agregando tecnologia nas operações, aumentando a produtividade e buscando minimizar os custos. Nesse contexto, a produção de grãos e cereais destaca-se pela incorporação de novas tecnologias. Entre as principais atividades de manejo está a adubação, responsável por corrigir eventuais deficiências e manter os níveis suficientes de nutrientes para que a cultura instalada alcance produtividades satisfatórias.

Nos últimos dois anos foram entregues ao mercado nacional os montantes de 37,25 e 42,54 milhões de toneladas de fertilizantes, respectivamente, representando um acréscimo de 14,2% no total consumido (ANDA, 2022). Nesse mesmo período, os preços dos fertilizantes sofreram reajustes significativos, principalmente as fontes dos macronutrientes N e K, importadas em sua grande maioria. E este fato é bastante relevante para os produtores agrícolas, pois o custo dos fertilizantes chega a representar até 30% do custo total de produção das principais culturas agrícolas comerciais no Brasil (MICHELI et al., 2021).

O aumento de preços dos fertilizantes, aliado à necessidade de assegurar uma aplicação adequada e com alto rendimento operacional, exige dos fabricantes de equipamentos a busca constante de melhorias no desempenho dos distribuidores centrífugos para garantir maior precisão de dosagem e uniformidade na aplicação, visto que a aplicação inadequada causa perdas econômicas e impactos ambientais negativos.

A qualidade da aplicação de fertilizantes por meio de equipamentos com mecanismos centrífugos é influenciada por diversos fatores, tanto provenientes do fertilizante utilizado quanto das características construtivas do distribuidor, e a segregação dos grãos é um dos fatores preponderantes. Em decorrência da composição granulométrica, os fertilizantes sólidos podem apresentar segregação, ou seja, a separação das partículas componentes de uma mistura por ordem de tamanho e densidade. As partículas de fertilizantes podem ser desuniformes em virtude da má qualidade do processo industrial e da quebra de grânulos, devido à baixa consistência.

O objetivo deste trabalho foi verificar se é possível melhorar a qualidade de distribuição dos fertilizantes considerando-se não apenas a largura da faixa de aplicação, mas também a segregação dos grãos, com base no conhecimento das características físicas (que sabidamente são importantes para caracterizar fertilizantes distintos) e dos ajustes de parâmetros operacionais do mecanismo distribuidor.

Abreviações: CV = coeficiente de variação; DAP = fosfato diamônico; GSI = *granulometric spread index*; MAP = fosfato monoamônico; MAPA = Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; SFT = superfosfato triplo.

¹ Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Produtos Sênior, Máquinas Agrícolas Jacto S.A., Pompéia, SP; email: lucas.giosa@jacto.com.br

² Engenheiro Mecânico, Dr., Gerente de Negócios – Adubação, Máquinas Agrícolas Jacto S.A., Pompéia, SP; email: gustavo_micheli@jacto.com.br

2. PROPRIEDADES FÍSICAS DOS FERTILIZANTES

De acordo com Hofstee (1990) e Molin et al. (2009), as propriedades físicas das partículas de um fertilizante são muito dependentes do processo produtivo e da adição de aditivos, como, por exemplo, condicionadores e micronutrientes, e algumas destas propriedades afetam diretamente a qualidade da aplicação de fertilizantes granulados em superfície. Sabe-se que a granulometria e a densidade das partículas são as propriedades físicas que exercem maior influência na qualidade de aplicação dos distribuidores centrífugos de fertilizantes (FULTON; PORT, 2016).

A densidade aparente de um produto é definida como a razão entre a massa de uma amostra e o volume que ela ocupa, e usualmente é expressa em kg m^{-3} para fertilizantes granulados. O volume total inclui o volume de partículas, o volume vazio entre partículas e o volume interno de poros. O método de medição da densidade aparente é definido pela ISO3944:1992 e basicamente se resume na pesagem de uma amostra de fertilizante que foi reservada em um recipiente de volume conhecido, normalmente de 1 L, sem qualquer compactação durante o processo (THAPER, 2014). A densidade aparente pode variar nos diferentes produtos, e até mesmo em lotes de produção diferentes de um mesmo tipo de fertilizante. A densidade dos grânulos do fertilizante influencia na distância de lançamento dos mesmos durante a aplicação. Produtos que apresentam densidade aparente próxima ou maior que 1.000 kg m^{-3} normalmente alcançam grandes distâncias de lançamento (Solution for Agriculture, 2020).

O tamanho das partículas e a distribuição dos diferentes tamanhos variam no mesmo fertilizante, sendo esta propriedade física conhecida como granulometria. Ela indica a variabilidade no tamanho dos grãos, e normalmente é estudada e medida na produção e nos experimentos com fertilizantes (FULTON; PORT, 2016). De acordo com Hofstee e Huismam (1990), nas aplicações de fertilizantes por meio de distribuidores de discos rotativos é importante utilizar fertilizantes que apresentem pouca variação no diâmetro das partículas (ϕ_p). Além disso, partículas com $\phi_p < 1 \text{ mm}$ devem ser evitadas ou retiradas da composição do produto, pois essas causam aumento no coeficiente de variação (CV) do perfil transversal e exigem a redução da faixa de aplicação. Partículas com diâmetro entre 1 mm e 2 mm devem estar na menor concentração possível para que o CV se mantenha baixo. De maneira geral, o ϕ_p das partículas de fertilizante pode chegar a 5 mm. Em uma composição mista de fertilizantes, a variação do ϕ_p não deve ultrapassar 10%.

A Instrução Normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) nº 39 de 8 de agosto de 2018, em seu capítulo II, regulamenta alguns critérios e conceitos técnicos para a classificação de um fertilizante quanto à segregação granulométrica. O índice de dispersão granulométrica – *Granulometric Spread Index*, de acrônimo GSI – é utilizado para expressar a dispersão granulométrica das partículas de um produto. A forma de cálculo e a interpretação dos valores do GSI são estabelecidos no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos, aprovado pela Instrução Normativa do MAPA. A interpretação dos valores de GSI determinados é apresentada na Tabela 1.

O GSI de um fertilizante é determinado por meio da análise granulométrica de uma amostra, que deve ter pelo menos 450 g, segundo a indicação do MAPA. A análise é feita pelo peneiramento e pesagem das subamostras retidas em um conjunto de peneiras empilhadas em ordem crescente, de acordo com o tamanho da abertura das malhas, normalizadas em 4,80 mm; 3,36 mm; 2,80 mm; 2,00 mm; 1,41 mm; 1,00 mm e 500 μm (Figura 1). A etapa de peneiramento é realizada com o auxílio de um agitador mecânico, e o tempo de agitação é de 10 minutos. Após a pesagem das frações de fertilizante retidas em cada uma das peneiras, os dados são convertidos em porcentagem relativa à massa total da amostra. O GSI representa a relação entre os tamanhos de abertura de malha e as porcentagens retidas acumuladas, ou porcentagens passantes em cada peneira, e pode ser considerado eficiente para especificar a granulometria de um produto.

Os fertilizantes devem ter resistência mecânica razoável para suportar as pressões impostas a eles na cadeia de transporte, desde sua fabricação até sua distribuição no campo. A resistência ao esmagamento das partículas de fertilizantes deveria ser de 15 N, porém existem produtos com resistência menor, como a ureia, por exemplo (HOFSTEE; HUISMAN, 1990). Alguns fabricantes disponibilizam informações quantitativas sobre a dureza dos fertilizantes, mensurada pela força necessária para quebrar uma partícula de diâmetro médio entre 2 mm e 2,5 mm, expressando, assim, a resistência mecânica das partículas em kgf grão^{-1} . Para Alcarde (2007), fertilizantes com dureza menor que $1,4 \text{ kgf grão}^{-1}$ e diâmetro médio entre 2 mm e 2,5 mm são considerados muito fracos para o manuseio, sendo desejáveis valores acima de $2,3 \text{ kgf grão}^{-1}$. Na Tabela 2 são apresentadas resistências mecânicas de alguns fertilizantes, conforme especificação de dois fabricantes.

Tabela 1. Índice GSI e sua interpretação.

Valor do GSI	Interpretação
Até 20	Baixa segregação: indica que o produto tem alta uniformidade de aplicação
De 20 a 25	Média segregação: indica que o produto tem média uniformidade de aplicação
Maior que 25	Alta segregação: indica que o produto tem baixa uniformidade de aplicação

Fonte: Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos, 2014.



Figura 1. Conjunto de peneiras e agitador mecânico utilizados para a determinação do GSI.

Produtos com maior dureza podem ser aplicados com maiores rotações nos discos (> 800 rpm). Já produtos com baixa dureza devem ser aplicados com rotações menores que 800 rpm, visando manter a integridade das partículas.

Avaliando-se, na literatura, os valores de referência para as propriedades físicas de interesse, foi proposta uma escala de classificação para os produtos quanto à sua conformidade para aplicação a lança, apresentada na Tabela 3. As propriedades foram mensuradas para possibilitar a escolha dos produtos utilizados para as avaliações de campo.

3. CARACTERÍSTICAS DE UM DISTRIBUIDOR CENTRÍFUGO

Grande parte dos fertilizantes utilizados durante o ciclo produtivo da cultura é aplicada na forma sólida e distribuída em cobertura, principalmente aqueles que são fonte de potássio e nitrogênio, para que possam desempenhar seu papel nutricional sem oferecer riscos de toxidez às plantas (VITTI et al., 2010). Nas aplicações, utiliza-se

equipamento com mecanismo de distribuição centrífugo de dois discos, tracionado ou autopropelido.

Para a execução dos testes de aplicação, foi utilizado um distribuidor de fertilizantes sólidos com mecanismo aplicador de dois discos centrífugos do fabricante Jacto®, modelo Uniport 5030NPK, autopropelido (Figura 2).



Figura 2. Distribuidor autopropelido de fertilizantes e de produtos em pó utilizados nos experimentos.

De forma simplificada, a Figura 3 apresenta o dispositivo de aplicação de um distribuidor de fertilizantes a lança. O mecanismo distribuidor recebe o produto dosado de forma volumétrica ou gravimétrica (1), guia-o, de forma controlada ou não, através de um funil ou calha (2) até os discos lançadores (3), os quais aceleram as partículas através de movimento rotacional centrífugo e as distribuem no solo por meio das pás (4), que estão presentes nos discos (COLLEY et al., 2018). Existem diferentes tipos de discos, pás e formas de depositar os grãos de fertilizantes no solo, por isso, causam diferentes

Tabela 2. Resistência mecânica de diferentes tipos de fertilizantes.

Fertilizante	Valor médio (kgf grão ⁻¹)	Intervalo (kgf grão ⁻¹)
Nitrato de amônio	1,37	1,00 – 1,57
Fosfato monoamônico (MAP)	3,73	1,51 – 5,72
Fosfato diamônico (DAP)	2,69	1,62 – 5,35
Superfosfato triplo (SFT)	1,30	0,90 – 3,45
Cloreto de potássio (KCl)	5,80	3,50 – 7,20

Fonte: UESC (2013).

Tabela 3. Critérios de classificação das propriedades físicas dos fertilizantes.

Densidade (kg m ⁻³) / Granulometria (GSI) / Dureza (kgf grão ⁻¹)		
Até 800 / 20 / 1,4	Entre 800 e 1.000 / 20 e 25 / 1,4 e 2,3	Acima de 1.000 / 25 / 2,3
Baixo	Médio	Alto

Fontes: Adaptada de Alcarde (2007), Fulton e Port (2016), MAPA (2014).

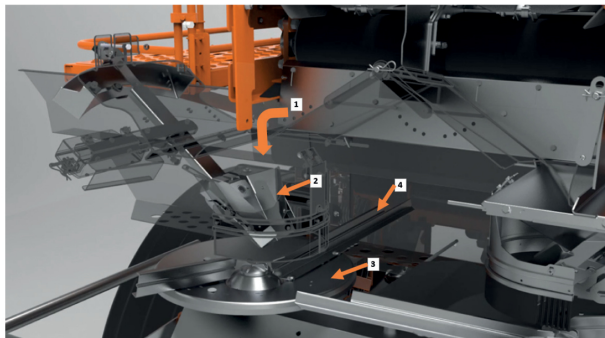


Figura 3. Demonstração das principais partes do mecanismo distribuidor centrífugo de dois discos: receptor do produto (1), funil ou calha (2), discos lançadores (3) e pás (4).

impactos no resultado de distribuição, tanto no sentido transversal quanto longitudinal. Dessa forma, para os sistemas de distribuição centrífugos, é muito importante conhecer o perfil de distribuição dos diversos fertilizantes disponíveis no mercado, pois ele pode variar em função das características físicas dos grãos, já apresentadas anteriormente.

De acordo com o fabricante, existem características do sistema de distribuição do equipamento que auxiliam na obtenção de uma deposição uniforme do fertilizante, mesmo nas maiores distâncias de lançamento especificadas. Entre elas destaca-se a geometria das pás, com formato que possibilita que o produto tome acelerações diferentes na sua saída dos discos. Por esse motivo, foi proposto avaliar o desempenho do conjunto de pás originais do equipamento, em comparação com uma versão simplificada geometricamente (Figura 4).

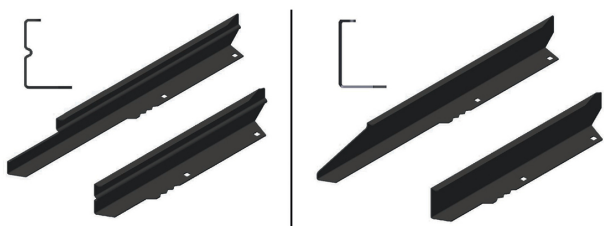


Figura 4. Pás utilizadas no distribuidor centrífugo. À esquerda, o conjunto padrão do equipamento, com perfil de condução duplo, e à direita, o conjunto proposto para contrastar, com perfil de condução simples.

Em termos de gestão operacional, sabe-se que os indicadores de rendimento operacional e de consumo de combustível são impactados diretamente pela largura de trabalho escolhida no distribuidor, assim como para qualquer outra operação mecanizada. O rendimento operacional é diretamente proporcional à largura de trabalho e o consumo de combustível é inversamente proporcional (MIALHE, 1974).

Durante a calibração e regulagem do sistema de aplicação do equipamento faz-se necessária uma avaliação da granulometria do fertilizante a ser utilizado, mas através de

um método alternativo àquele proposto pelo MAPA, esse sugerido pelo fabricante do distribuidor. Utiliza-se um dispositivo de peneiramento, denominado granulômetro, o qual acompanha o conjunto de calibração do equipamento distribuidor e permite classificar uma amostra do produto em uma escala de cinco faixas de tamanho de partícula, pelo fato de o mesmo possuir quatro peneiras de malhas: 4,00 mm, 3,15 mm, 2,50 mm e 2,00 mm. De maneira simplificada, o processo de coleta, processamento e análise granulométrica da amostra de fertilizante segue o esquema apresentado na Figura 5.

4. AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E SEGREGAÇÃO GRANULOMÉTRICA

A avaliação da uniformidade da aplicação realizada por distribuidores centrífugos é sugerida tanto pela norma ASAE S341.5 quanto pela norma ISO 5.690/1. Para caracterizar a largura efetiva dos aplicadores centrífugos, colocam-se coletores ou bandejas, com dimensões definidas pelas normas, na superfície do terreno em linha reta, perpendicular ao sentido de tráfego da adubadora, cobrindo uma largura maior que a faixa efetiva que se deseja medir. O equipamento passa pelo local onde os coletores estão dispostos, aplicando o fertilizante. Na sequência, o material coletado é pesado individualmente, por bandeja, e por fim determina-se o CV do perfil transversal resultante da sobreposição simulada de passadas laterais do equipamento. Para Parish (1999), o procedimento básico de medição da largura de aplicação proposto pelas normas pode ter pontos de coleta reduzidos, utilizando-se no mínimo 10 bandejas dispostas ao longo da largura de aplicação que se deseja trabalhar. Molin et al. (2015) mencionam que se deve considerar um valor baixo de CV na definição da largura de aplicação, podendo-se levar em consideração um rastro já deixado por um equipamento com largura definida, caso do pulverizador com barra de aplicação, por exemplo, visando a escolha da faixa de aplicação a ser utilizada no campo. Na literatura é amplamente difundido que um CV transversal de 15% para a faixa de aplicação garante uma boa uniformidade de distribuição (MILAN; GALDANHA JUNIOR, 1996; YULE; PEMBERTON, 2009; CROZIER; ROBERSON, 2014).

Para as avaliações do perfil de distribuição transversal e da segregação granulométrica do experimento em questão tomou-se como referência as normas citadas anteriormente, porém, com redução do número de coletores. Foram utilizados 32 coletores em uma largura total de coleta de 50 m. Em cada uma das coletas foram adotadas configurações pré-determinadas para as diferentes combinações entre o produto utilizado e o conjunto de pás dos discos do distribuidor.

Para a escolha da faixa de aplicação adotada para cada tratamento do ensaio, após a determinação da curva de CV com o auxílio computacional do programa Adulanço 3.1, foi selecionada a maior faixa de aplicação que seguramente apresentasse CV de 15% em regime de tráfego alternado.

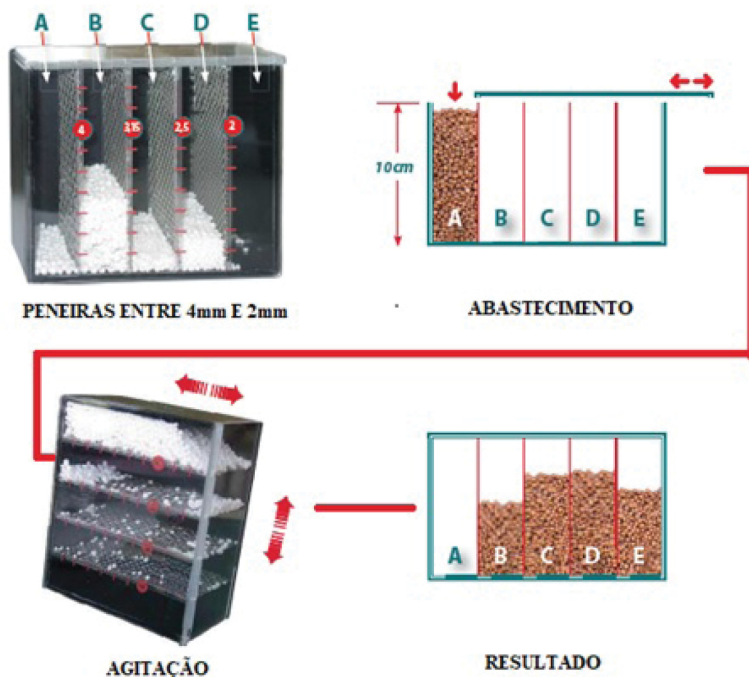


Figura 5. Apresentação e funcionamento do granulômetro.
Fonte: Adaptada de Sulky (2015).

O material depositado nos coletores, para cada combinação dos fatores, foi submetido, após pesagem total, ao peneiramento e pesagens parciais para a determinação do GSI, conforme método descrito no tópico anterior. O GSI, medido para cada posição transversal, foi utilizado como parâmetro para determinação da intensidade de segregação, seguindo a interpretação descrita na Tabela 1. Adotando-se como largura útil de trabalho aquela com CV de 15%, foi realizada a simulação da sobreposição do GSI correspondente à mesma

largura, obtendo-se, dessa forma, a medida da intensidade de segregação ao longo da faixa de aplicação, para cada uma das combinações do experimento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Adotando-se os critérios estabelecidos na Tabela 3 para classificar os produtos escolhidos quanto às propriedades físicas importantes para a sua aplicação a lanço, alguns produtos foram avaliados e, dentre eles, selecionados dois, com diferentes densidades e dureza dos grãos (Figura 7). Os resultados obtidos na avaliação encontram-se na Tabela 4. O produto 13-00-36, denominado produto A, apresenta grande variação na propriedade de dureza de grãos, o que indica que uma porção considerável de partículas pode ser danificada durante sua aplicação. Quanto ao GSI, o produto 27-00-00, denominado produto B, apresentou melhores resultados, o que era esperado, dado que se trata de um produto puro. A diferença obtida no GSI entre os produtos assegura que eles apresentam características granulométricas bastante distintas.

Como descrito anteriormente, a granulometria dos produtos também foi mensurada pelo método alternativo, sugerido pelo fabricante do distribuidor centrífugo, e é apresentada na Figura 8.

Os resultados obtidos das coletas realizadas a campo, seguindo a metodologia proposta, foram agrupados de maneira que as repetições com mesmo *setup* possibilitaram medir o CV médio, considerando o tráfego alternado do equipamento para

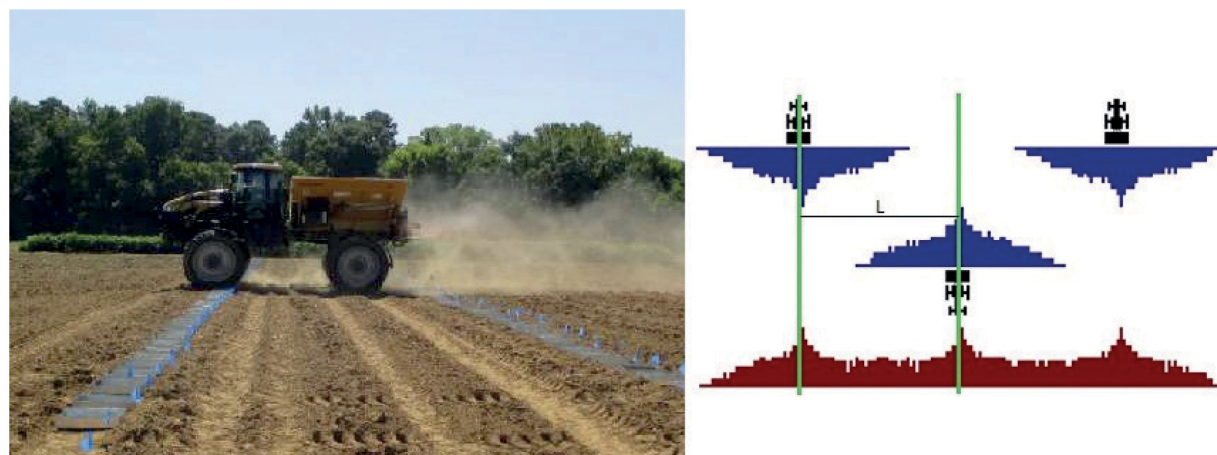


Figura 6. Exemplo de ensaio normalizado para caracterização do perfil transversal de distribuição e imagem da representação no programa Adulanço.
Fonte: Adaptada de Colley et al. (2018).

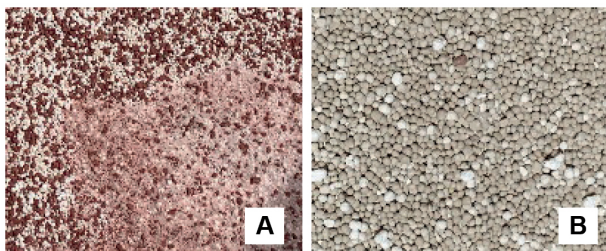


Figura 7. Produtos escolhidos para o experimento: a fórmula 13-00-36 (A) é uma mistura de grânulos e a fórmula 27-00-00 + Mg (B) é uma mistura de N, Ca e Mg no próprio grânulo.

as sobreposições simuladas. Na Figura 9 estão apresentadas as curvas de CV com sobreposições simuladas em diferentes larguras de trabalho.

É possível observar que, ao limitar o CV máximo em 15% para determinar a máxima largura útil de aplicação, quando se utiliza o produto de menor GSI e é aplicado com o conjunto de pás originais do equipamento, obtém-se a maior largura de trabalho, de 36 m. Quando o conjunto de pás de geometria simplificada foi utilizado, houve uma redução de 16% na largura útil de trabalho. Já ao avaliar a maior largura de aplicação, utilizando o produto com maior GSI, tem-se faixas médias de 27 m utilizando o conjunto de pás duplas e faixas médias de 25 m com o conjunto de pás simples.

Outro ponto bastante relevante nessa comparação é a diferença de rendimento operacional da aplicação devido às

distintas larguras úteis de trabalho, considerando velocidade de deslocamento e dosagem constantes. Nessas condições, pode-se afirmar que o rendimento operacional com a faixa de aplicação de 36 m é 44% maior em relação à faixa de 25 m, pois é possível aplicar uma área maior com menor número de passadas do equipamento sobre a cultura.

Com as faixas máximas a um CV de 15% definidas, foi avaliada a distribuição do GSI na faixa útil de trabalho, considerando-se a sobreposição para a largura de trabalho máxima. As curvas de distribuição do GSI estão apresentadas na Figura 10. Para os dois tipos de produtos utilizados na avaliação, nota-se que próximo ao equipamento (centro da faixa de aplicação) o GSI é sempre mais alto que o valor médio medido antes da aplicação. Isso ocorre quando há quantidade considerável de partículas de tamanhos distintos nessa região. Já na região de sobreposição das faixas de aplicação das passadas do equipamento, o GSI, após a aplicação, é menor e mais próximo do valor médio medido antes da aplicação. Quando se avalia em termos de segregação granulométrica, por meio do GSI, fica claro que o produto com pior qualidade física sofre maior intensidade de segregação do que o produto com melhor qualidade física. Nota-se, ainda, principalmente para o produto de pior qualidade física, que o conjunto de pás simples também intensifica a segregação granulométrica ao longo da largura de trabalho.

A Figura 11 complementa os resultados referentes à segregação, demonstrando como as partículas ficaram distribuídas por tamanho de grãos nas regiões distintas do perfil transversal. No centro, são mostrados valores obtidos

Tabela 4. Propriedades físicas dos fertilizantes utilizados no experimento.

Produto	Densidade kg m ⁻³	σ Densidade	GSI	σ GSI	Dureza kgf grão ⁻¹	σ Dureza
13-00-36 (A)	1.000	30	33,82	1,14	3,19	1,93
27-00-00 (B)	970	60	16,29	1,32	4,72	0,85

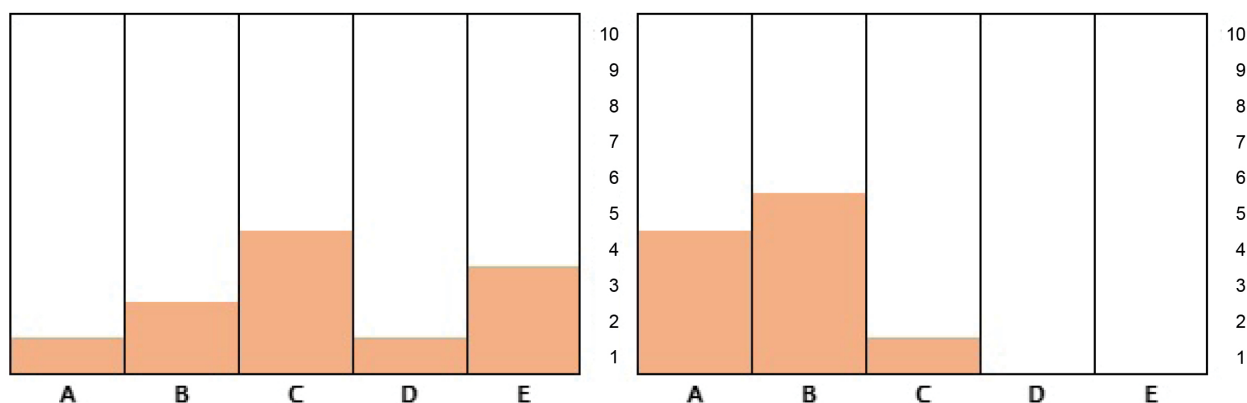


Figura 8. Distribuições granulométricas dos produtos 13-00-36 (à esquerda) e 27-00-00 (à direita). Divisão das cavidades por tamanho de partícula, sendo A (< 4,00 mm), B (3,15 mm-4,00 mm), C (2,50 mm-3,15 mm), D (2,00 mm-2,50 mm) e E (> 2,00 mm).

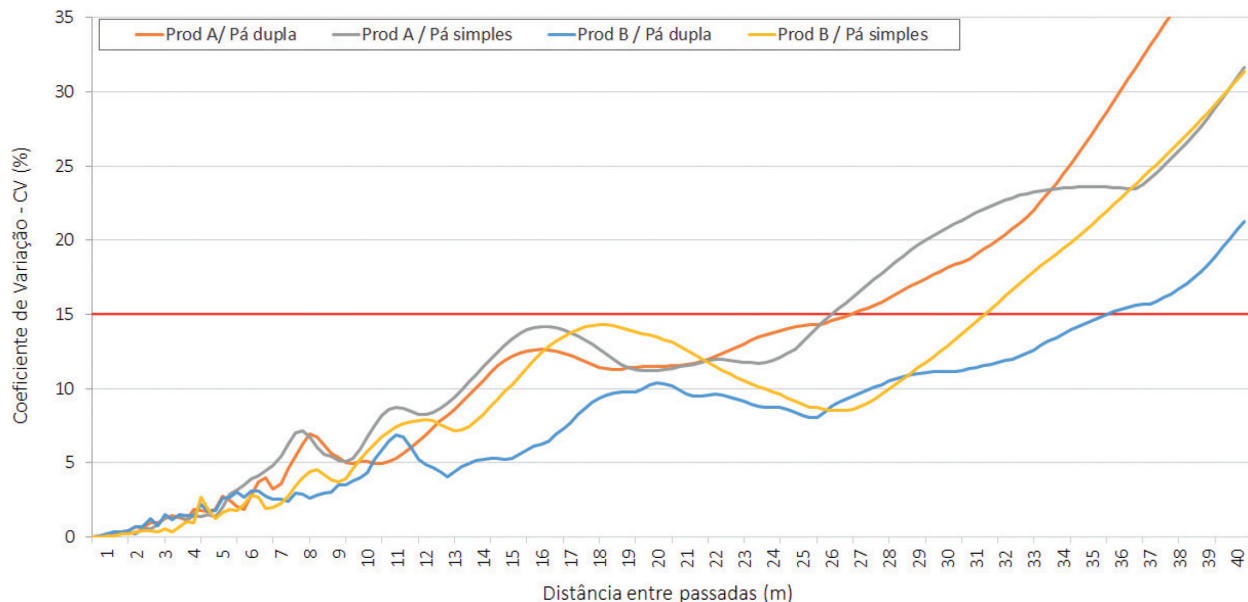


Figura 9. Curvas de coeficiente de variação (CV) médio das diferentes repetições, para sobreposições simuladas em diferentes larguras de trabalho.

pela média dos 8 coletores posicionados mais ao centro da distribuição, e nas extremidades, onde há sobreposição das passadas, através da média dos 10 coletores mais afastados, sendo 5 à direita e 5 à esquerda. A média obtida para cada peneira considera a soma de todos os tratamentos que foram ensaiados com o mesmo produto.

É possível observar que o produto A apresenta maior variabilidade no tamanho dos grãos do que o produto B, tanto

no centro quando nas regiões de sobreposição de faixa, o que justifica, em grande parte, o menor alcance da aplicação com boa qualidade de distribuição.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou o tema da qualidade na distribuição de fertilizantes a lanço tanto sob o aspecto de coeficiente de variação (CV) em massa, de conhecimento amplo, quanto

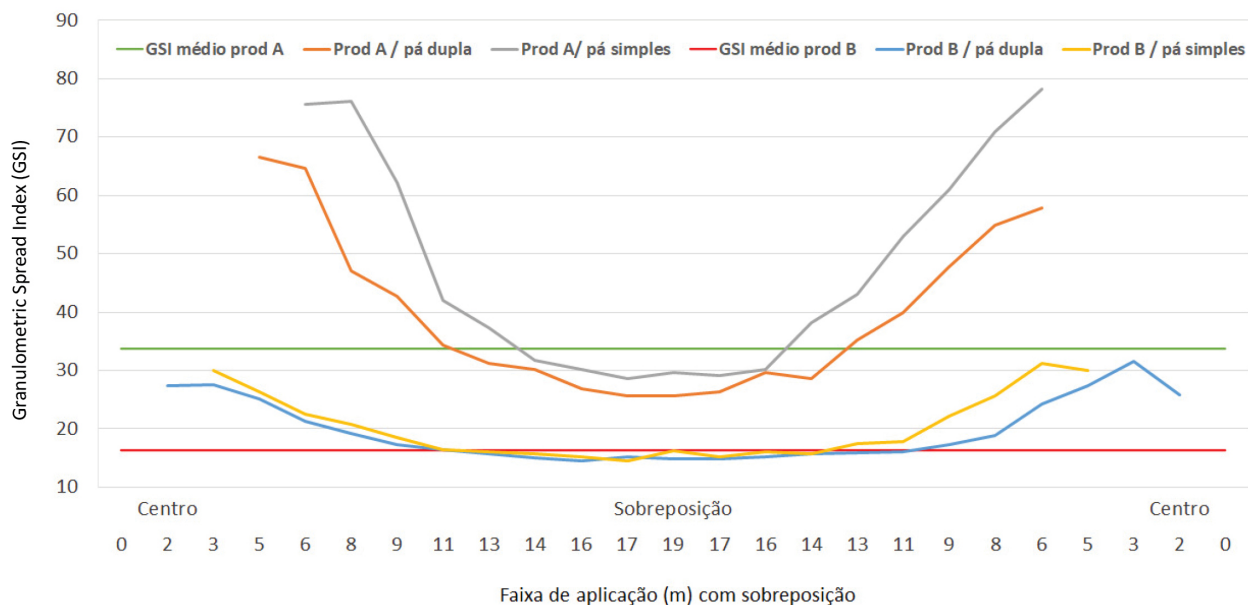


Figura 10. Curvas da distribuição do GSI médio ao longo da largura de aplicação com sobreposição para as diferentes repetições.

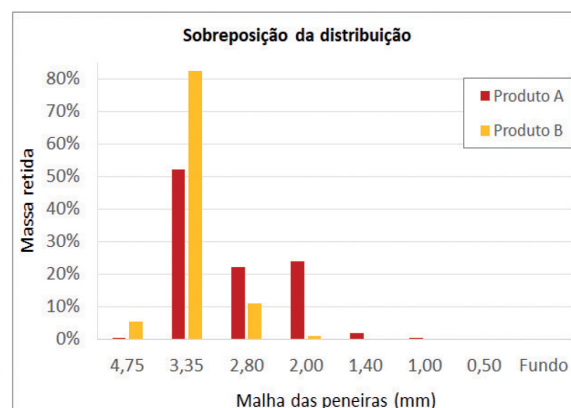
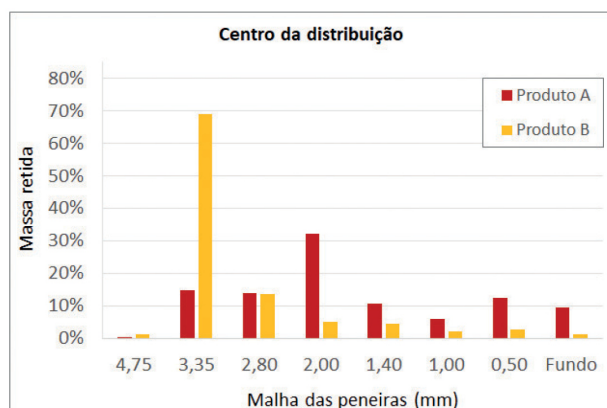


Figura 11. Distribuição relativa da massa retida por tamanho de malha nas peneiras em regiões distintas do perfil transversal: no centro de distribuição (à esquerda) e na sobreposição da distribuição (à direita).

da segregação granulométrica do fertilizante ao longo da faixa de aplicação, utilizando o GSI como parâmetro quantitativo na medição da segregação.

Utilizando essa abordagem, foi possível verificar que a qualidade física do fertilizante escolhido é fator determinante para a obtenção de máxima largura de aplicação com uniformidade e também na intensidade de segregação granulométrica após a aplicação no campo. A geometria das pás do mecanismo distribuidor também exerce influência na largura máxima da faixa de aplicação e na intensidade da segregação granulométrica, porém, de maneira menos significativa.

A escolha pela utilização de um fertilizante com boa qualidade física e a adoção de um equipamento de distribuição com mecanismo distribuidor adequado para faixas largas, e corretamente regulado, promovem rendimento operacional superior. Consequentemente, há menor consumo de combustível por hectare, além da menor intensidade de segregação granulométrica, com impactos positivos na uniformidade da fertilidade do solo e na nutrição das plantas.

7. REFERÊNCIAS

ANDA. Agência Nacional para Difusão de Adubos. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. São Paulo, 2022.

ALCARDE, J. C. **Fertilidade do solo**. 1ªed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007. cap. 12, p. 744-752.

ASAE. ASAE S341.5. **Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders**. St Joseph: ASAE Standards, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 39, de 08 de agosto de 2018. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem,

rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 ago. 2018. p. 19.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos**. Brasília, DF, 2014.

COLLEY, T.; FULTON, J.; MANN, D.; PORT, K. **Spinner-disc spreader set up and calibration**. The Ohio State University, 2018. (FABE-561.1)

CROZIER, C.; ROBERSON, G. T. Granular fertilizer spreader swath uniformity achieved at varying target application rates. **Crop Management**, Madison, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2014.

FULTON, J. P.; PORT, K. **Physical properties of granular fertilizers and impact on spreading**. The Ohio State University, 2016. (FABE-550.1)

HOFSTEE, J. W.; HUISMAN, W. Handling and spreading of fertilizers Part 1: Physical properties of fertilizers in relation to particle motion. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 47, p. 213-234, 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Painel de indicadores: Produto Interno Bruto (PIB) 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/indicadores#variacao-do-pib>>. Acesso em: 11 mar. 2021.

IISO. International Organization for Standardization. Fertilizers. **Determination of bulk density (loose)**. Geneve, 1992. (ISO 3944).

ISO. International Organization for Standardization. ISO 5690. **Equipment for distributing fertilizers: Test methods. Part 1: Full width fertilizers distributors**. Geneve, 1982. p. 373-385. (ISO Standard hand book 13. Agricultural machinery).

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1974.

MICHELI, B. G. et al. Potencial econômico da tecnologia de controle automático de seções para adubação a lanço. **Infomações Agronômicas**, Piracicaba, n. 11, p. 17-28, 2021.

MILAN, M.; GADANHA JUNIOR, C. D. Máquinas para aplicação de adubos e corretivos. In: MIALHE, L. G. (Ed.). **Máquinas agrícolas: Ensaio e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722 p.

MOLIN, J. P. et al. **Adulção 3.1: Montagem do teste de campo**. Manual de uso passo-a-passo. Análise de resultados. Piracicaba: USP/ESALQ, 2015. 20 p. (Projeto AP).

MOLIN, J. P. et al. Segregação de fertilizantes aplicados a lanço. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, 2009.

PARISH, R. L. **Granular spreaders: Selection, calibration, testing and use**. LSU College of Agriculture. 1999. (Technical Bulletin).

Fluid Fertilizer Foundation. **Densidades de fertilizantes comerciais**. 2020. Disponível em: <www.fluidfertilizer.com/pdf/Fluid%20Characteristics.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

SULKY. **Original Instructions X50+ (en). Manual de utilização**. Chateaubourg, França, 2015.

THAPER, R. K. **Effect of vane shape and product on spread uniformity using a dual-disc spinner spreader**. Alabama, USA: Auburn University, 2014.

UESC. Universidade Estadual de Santa Cruz. **Fertilidade do solo: Adubos ou fertilizantes**. 2013. Disponível em: <<http://fertilidadedosolouesc.blogspot.com/2013/10/adubos-ou-fertilizantes.html>>. Acesso em: 5 março 2021.

VITTI, G. C. et al. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1137-1145, 2010.

YULE, I.; PEMBERTON, J. Spreader testing for mixing and segregation of blended fertilisers. In: ASABE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 2009, Reno. **Proceedings...** St. Joseph: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. (ASABE n. 096380).

Adquira sua licença da **FERRAMENTA DRIS**

NPCT 

O Sistema de **Interpretação de Análise Foliar (DRIS)** consiste em um sistema que possibilita verificar o estado nutricional de uma cultura.

A partir da entrada de dados de análise de tecido vegetal (normalmente teores foliares) o sistema procede a inúmeros cálculos, comparando tais valores com os de lavouras padrão.

Ao final o cliente recebe um relatório que possibilita verificar o estado nutricional da sua cultura. Através deste relatório é possível verificar os nutrientes deficientes e também aqueles em excesso.

#AnáliseFoliar
WWW.NPCT.COM.BR/DRIS



AVANÇOS NO MANEJO DA ADUBAÇÃO COM NITROGÊNIO E MAGNÉSIO NA CULTURA DA BATATA

Rogério Peres Soratto¹
Leonardo Ângelo de Aquino²
Renato Yagi³
Francisca Gyslane de Sousa Garreto⁴

Marcelo Rodrigo Krause⁵
Maria Paz Panunzio Moscoso⁶
Thais Regina de Souza⁷

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a cultura alimentar não cereal mais importante do mundo (DEVAUX et al., 2020), além de ser estrategicamente interessante, pois combina um potencial produtivo extraordinariamente elevado com alto valor nutricional (KOCH et al., 2020a). É uma excelente fonte de carboidratos, vitaminas, minerais, proteínas, aminoácidos essenciais e fibras (SOUZA et al., 2022).

A eficiência produtiva da cultura da batata garante elevado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos, característica importante em um cenário mundial de constante crescimento populacional. No Brasil, a produção de batata em 2021 foi da ordem de 4,1 milhões de toneladas em 125 mil hectares (IBGE, 2022), e a produtividade média da cultura tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, graças, entre outros fatores, ao uso de cultivares mais produtivas. Contudo, aspectos relacionados ao manejo nutricional da batata evoluíram pouco no mesmo período.

Abreviações: Ca = cálcio; Cl = cloro; CO₂ = dióxido de carbono; CUB = coeficiente de utilização biológica; DAE = dias após a emergência; EUN = eficiência de uso de N; K = potássio; KCl = cloreto de potássio; Mg = magnésio; N = nitrogênio; NH₄⁺ = amônio; NO₃⁻ = nitrato; S = enxofre.

¹ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Professor Associado da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA)/Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, Botucatu, SP; Bolsista do CNPq; e-mail: rogerio.soratto@unesp.br

² Engenheiro-Agrônomo, Dr., Pesquisador em Sistemas de Produção de Hortaliças, Diretor Técnico do Instituto de Pesquisa Agrícola do Cerrado (IPACER), Rio Paranaíba, MG, e-mail: pesquisa@ipacer.com.br

³ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Pesquisador do Instituto de Desenvolvimento Rural IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), Polo Regional de Pesquisa e Inovação de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR; email: ryagi@idr.pr.gov.br

⁴ Engenheira-Agrônoma, M.Sc., Doutoranda em Agronomia-Agricultura na FCA/UNESP, Campus de Botucatu, Botucatu, SP; e-mail: gyslane_garreto@hotmail.com

⁵ Engenheiro-Agrônomo, M.Sc., Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, Coordenador de gestão de banco de dados, Instituto de Pesquisa Agrícola do Cerrado (IPACER); e-mail: agro.krause@gmail.com

⁶ Engenheira-Agrônoma, Pesquisadora na Yara Fertilizantes; e-mail: maria-paz.panunzio@yara.com

⁷ Engenheira-Agrônoma, Dra., Pesquisadora na Yara Fertilizantes; e-mail: thais.desouza@yara.com

A batateira é bastante exigente quanto à disponibilidade de nutrientes no solo, devido, principalmente, à sua alta produção por área e ciclo de desenvolvimento relativamente curto, que pode atingir de 90 a 110 dias nas condições tropicais e subtropicais, dependendo da cultivar utilizada (FERNANDES et al., 2022), além de ser altamente responsiva à adição de nutrientes no solo. A nutrição da planta de batata também pode ter forte influência na qualidade dos tubérculos produzidos (SOUZA et al., 2022). Assim, para alcançar alta produtividade e qualidade de tubérculos é necessário um fornecimento adequado e equilibrado de nutrientes à cultura (KOCH et al., 2020a).

2. O PAPEL DO NITROGÊNIO NA CULTURA DA BATATA

O nitrogênio (N) é constituinte de muitos componentes celulares vegetais, como clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos, e está relacionado, portanto, ao metabolismo, crescimento e desenvolvimento da batateira (PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Destaca-se como o segundo nutriente mais absorvido pela cultura da batata, ficando atrás somente do potássio (K), devido às elevadas extrações que ocorrem deste último durante a tuberização (FERNANDES et al., 2011; FERNANDES, 2021). O N possui uma dinâmica complexa no sistema solo-planta, grande mobilidade no floema e é importante no equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a produção de tubérculos, sendo, portanto, um dos elementos-chave para se conseguir altas produtividades de batata.

O suprimento adequado de N é determinante para o sucesso da lavoura, visto que tanto o excesso quanto a deficiência são prejudiciais ao crescimento das plantas. Se por um lado a deficiência de N limita consideravelmente a produtividade de tubérculos, por outro o excesso desse nutriente pode trazer consequências negativas para o desenvolvimento da cultura. Plantas de batata deficientes em N são pouco vigorosas, apresentam crescimento lento, com hastes finas e internódios curtos, além de produzirem tubérculos pequenos e em menor quantidade (FERNANDES; SORATTO, 2012; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). A baixa disponibilidade de N resulta em amarelecimento das folhas mais velhas e, à medida que se intensifica, ocorre um amarelecimento generalizado das plantas, associado à inibição do crescimento vegetal (Figura 1), além de maior suscetibilidade à pinta preta (*Alternaria* spp.).

O excesso de N estimula o crescimento vegetativo intenso, reduz a matéria seca e o amido nos tubérculos, retarda a maturação e prolonga a duração do período vegetativo (CARDOSO et al., 2007; SOUZA et al., 2022). Altas doses de N podem favorecer a ocorrência de bactérias relacionadas a podridões, em especial as do gênero *Pectobacterium*, que pode resultar em perda de plantas e podridões de tubérculos em campo e após a colheita. A requeima (*Phytophthora infestans*) é importante doença foliar que notadamente aumenta quando se aplica N em excesso. Além disso, passivos ambientais também podem ocorrer, como a lixiviação de nitrato (NO_3^-) para lençóis freáticos e as emissões de óxidos nitrosos para a atmosfera, interferindo, assim, na sustentabilidade da cadeia de produção da batata.



Figura 1. Plantas de batata com (frente) e sem (centro) sintomas de deficiência de nitrogênio, e respectivas produções de tubérculos, em um experimento de doses e manejos de nitrogênio.

Crédito das fotos: Fabiana M. Fernandes e Rogério P. Soratto.

2.1. Resposta da batateira à adubação nitrogenada: extração, exportação e momento de aplicação

No Brasil, as adubações com N na cultura da batata carecem de critérios técnicos atualizados. Frequentemente, as fertilizações são feitas com a aplicação de doses fixas de nutrientes nos mais variados tipos de solo, cultivares e finalidades de produção, com base apenas na experiência do agricultor. O típico sistema radicular limitado das plantas e a complexa dinâmica do N no solo demandam planejamento e precisão no manejo do N na cultura da batata. Para melhor eficiência da adubação, a determinação da extração de nutrientes por cultivares e condições locais é primordial para aferir as quantidades que devem ser aplicadas via fertilizantes (FERNANDES et al., 2011).

Através dos dados de extração de nutrientes é possível calcular o coeficiente de utilização biológica (CUB), que expressa a quantidade de matéria seca produzida por unidade de nutriente que a planta acumula. Este depende do tipo de solo, disponibilidade dos nutrientes, adubações empregadas, sistema de irrigação, época de plantio e da capacidade de absorção de nutrientes por cada cultivar. Já o índice de colheita de N representa a porcentagem do N absorvido que é exportado com a colheita dos tubérculos. Em pesquisa realizada no Cerrado mineiro foi possível observar que a batata apresenta altos índices de colheita de N, alcançando valores de 79,4; 78,4 e 80,6% para as cultivares Agata, Asterix e Atlantic, respectivamente. Essas mesmas cultivares apresentaram CUB de 42,3; 39,7 e 48,2 kg kg⁻¹ para a parte aérea e 80,2, 79,9 e 80,2 kg kg⁻¹ para os tubérculos (OLIVEIRA et al., 2018). A partir da porcentagem de matéria seca dos tubérculos e das variáveis CUB e índice de colheita é possível estabelecer a extração e exportação de N para diferentes cultivares e cenários de produtividade esperada (Figura 2).

Fernandes (2021) verificou que, independentemente do local e cultivar (Agata e Electra), houve relação linear da produtividade relativa de tubérculos (porcentagem média de produtividade de tubérculos em cada tratamento em relação

à produtividade máxima do experimento) com a quantidade de N acumulada na planta inteira, até valores que variaram de 136 a 190 kg ha⁻¹ de N (Figura 3). Com isso, foi possível inferir que doses/manejos de N que proporcionam acúmulos totais de N na planta inteira nesses níveis são requeridos para que se obtenha a máxima produtividade de tubérculos das cultivares Agata e Electra.

O conhecimento da extração, da exportação e do potencial do solo em fornecer N para a planta são variáveis importantes na definição da adubação nitrogenada. Somado a isso, deve-se considerar o melhor momento de se aplicar o N. Do total de N extraído pela cultura, mais de 3/4 são absorvidos no período compreendido entre a iniciação e a maturação dos tubérculos, e normalmente a maior fração do N extraído é acumulada entre o início da tuberação e os 30 a 45 dias que se seguem (Figura 4). Em estudo realizado com a variedade BRS Camila observou-se pequeno acúmulo de N até 33 dias após o plantio – DAP (formação da vegetação) e maior acúmulo entre 49 e 76 dias, com posterior estabilização na fase final de crescimento dos tubérculos (Figura 4E). Para produtividade próxima a 50 t ha⁻¹ ocorreu acúmulo de 65; 159 e 224 kg ha⁻¹ de N na parte aérea, tubérculos e na planta inteira, respectivamente.

O padrão de acúmulo de N mais intenso com o crescimento inicial dos tubérculos e a maior partição do N para os tubérculos (Figura 4) sugerem que a aplicação de parte da adubação nitrogenada durante o período de crescimento inicial dos tubérculos possa resultar em melhor sincronia entre a adubação e a demanda pela batateira. Normalmente, os bataticultores aplicam o N, praticamente na totalidade, nas operações de plantio e de amontoa, períodos em que a absorção deste nutriente pelas plantas é menor.

Para definir a necessidade de aplicação de N dentro do período de máxima exigência nutricional da batata, durante os cerca de 45 dias de tuberação (Figura 4), a diagnose foliar pode ser uma ferramenta muito útil, que vem sendo aprimorada para sistemas mais tecnificados de produção. Desta forma, a necessidade de adubação nitrogenada de cobertura pode ser diagnosticada de forma precisa através da análise foliar, com níveis críticos variáveis que definem o potencial

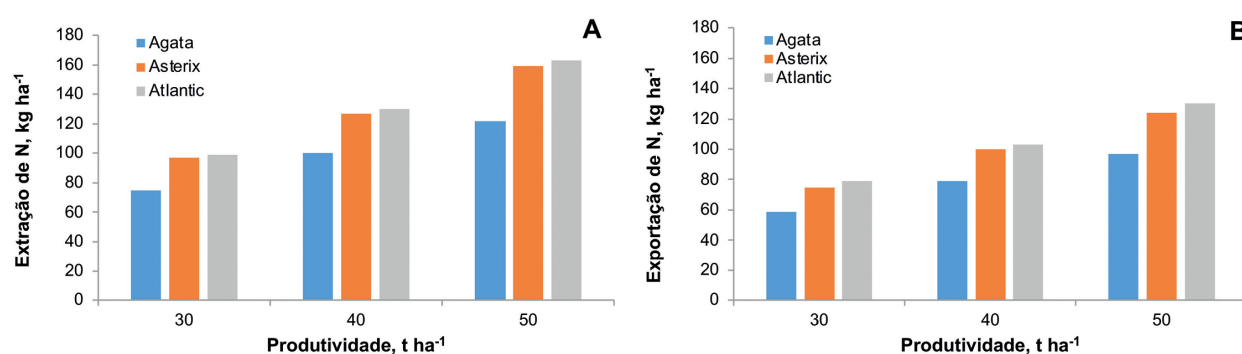


Figura 2. Extração e exportação de nitrogênio pelas cultivares Agata, Asterix e Atlantic.
Fonte: Oliveira et al. (2018).

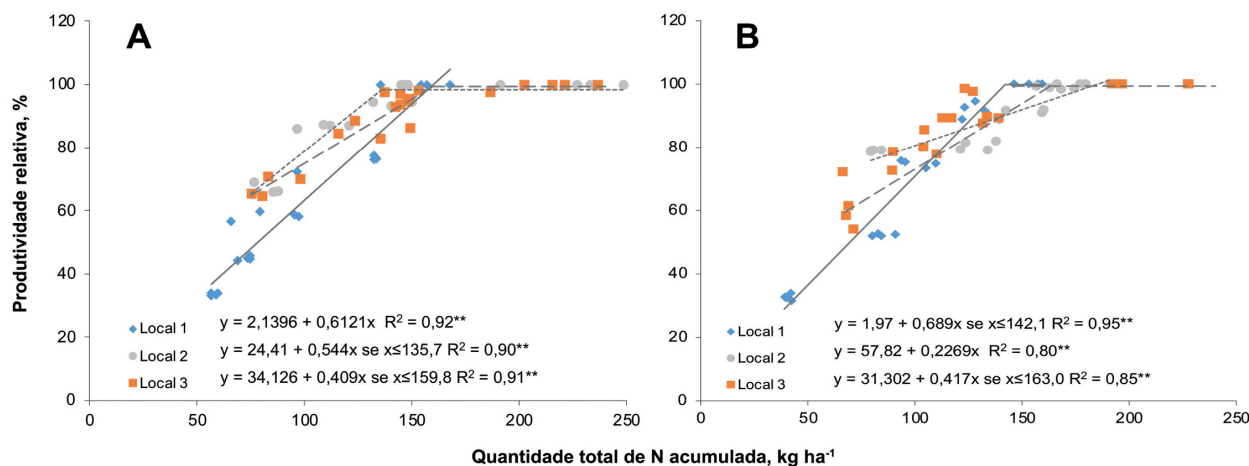


Figura 3. Relação entre as quantidades totais de nitrogênio acumuladas na planta inteira no final do ciclo e as produtividades relativas de tubérculos das cultivares de batata Agata (A) e Electra (B), em três locais de cultivo. ******significativo a 1% pelo teste F.
Fonte: Adaptada de Fernandes (2021).

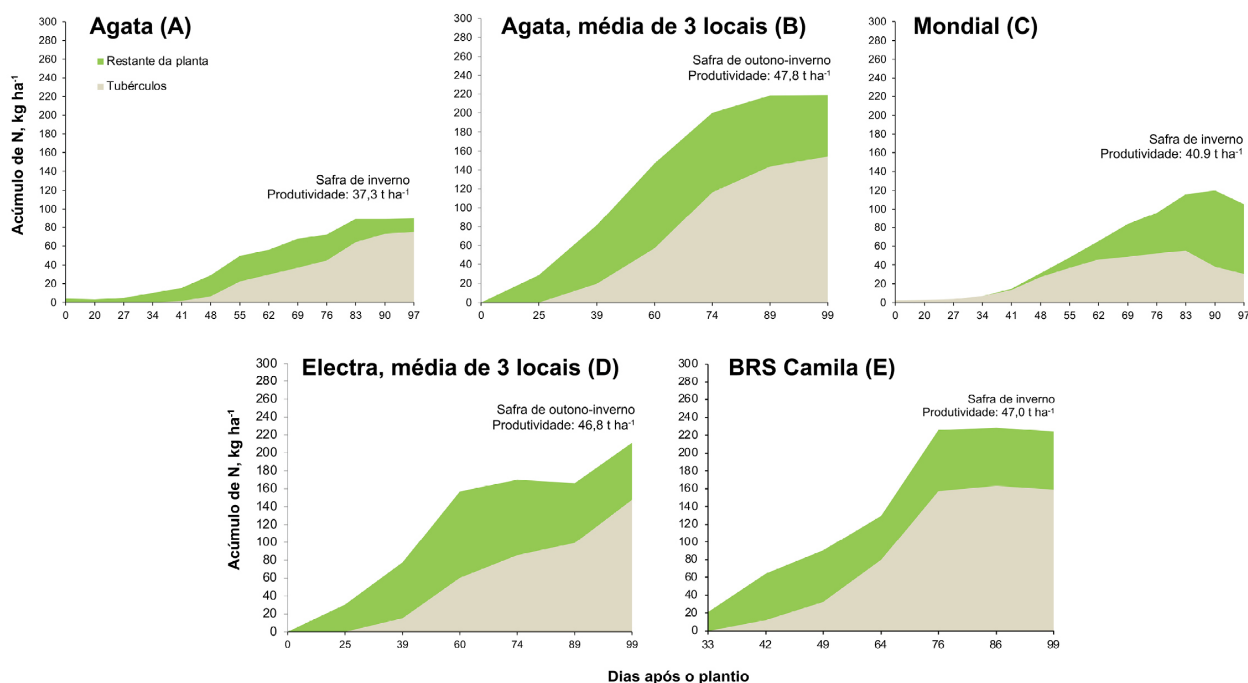


Figura 4. Curvas de extração de nitrogênio pelas cultivares de batata Agata (A, B), Mondial (C) e Electra (D) em condições edafoclimáticas distintas da região Sudoeste de SP, e da cultivar BRS Camila (E) em Rio Paranaíba, MG.

Fontes: A e C: Adaptadas de Fernandes et al. (2011); B e D: Adaptadas de Fernandes (2021), médias de 3 locais; E: Aquino (dados não publicados).

de resposta à aplicação de N ao longo da fase de tuberização (Figura 5). Os níveis críticos de suficiência em N para altas produtividades de tubérculos são de 65 a 53 g kg⁻¹ dos 17 aos 59 dias após a emergência (DAE) das plantas (fase de tuberização), ou seja, acima destas concentrações, nas respectivas épocas, a probabilidade e a magnitude de resposta à adubação

nitrogenada de cobertura são muito baixas. Portanto, estes resultados proporcionam uma recomendação inédita para as condições brasileiras, quanto ao uso deste diagnóstico foliar até cerca de 60 DAE das plantas.

Embora seja notória a alta extração de N e a exigência de aplicação de doses corretas em cada estágio da planta,

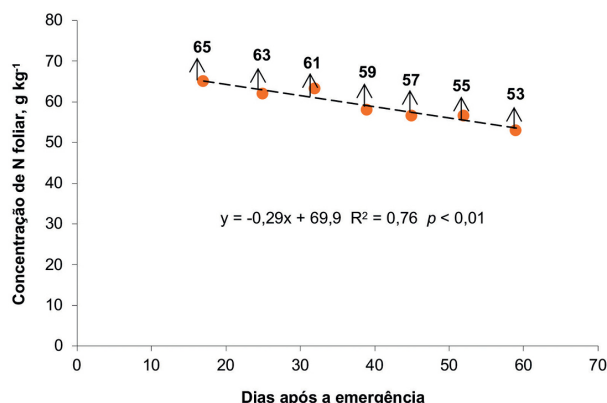


Figura 5. Concentrações foliares de nitrogênio em plantas de batata irrigadas na fase inicial da tuberização (17 a 59 dias após a emergência) relacionadas a 95% de produtividade relativa de tubérculos.

Fonte: Adaptada de Fernandes et al. (2022).

as pesquisas que mensuraram a resposta ao N indicam incrementos em produtividade variáveis (FERNANDES et al., 2022). No Cerrado, pesquisas desenvolvidas em cultivos comerciais de batata verificaram baixa resposta à aplicação de N em cobertura, especialmente em áreas onde foi realizada a adição de N no plantio. Em cultivo com a variedade Markies, apenas o N disponível no solo (tratamento sem adubação) possibilitou o alcance da produtividade de 51,7 t ha⁻¹. A adubação com N em cobertura resultou em incremento de produtividade, porém, foram necessários 160 kg ha⁻¹ de N para elevar a produtividade para 58,9 t ha⁻¹. Apenas o N de plantio (50 kg ha⁻¹) proporcionou uma produtividade de 55,4 t ha⁻¹ (Figura 6). Isso reforça o fato de que boa parte do N que a planta absorve pode ser fornecido pelo solo, pela mineralização da matéria orgânica do solo e pelo adubo de plantio.

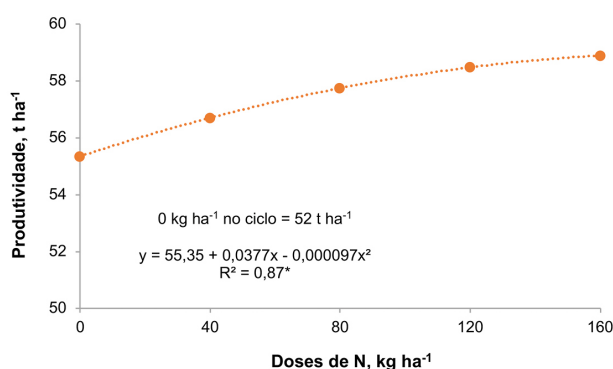


Figura 6. Produtividade da batata, cultivar Markies, em função das doses de N em cobertura (no plantio foram aplicados 50 kg ha⁻¹). *significativo a 5% pelo teste F.

Fonte: Aquino, dados não publicados.

Nestas situações, as respostas às aplicações tardias de N não são condizentes com as respostas em acúmulos do nutriente nas plantas, indicando possível consumo de luxo (Figura 7), o que reforça a importância do diagnóstico preciso da necessidade de adubação nitrogenada de cobertura (após amontoa). Desta forma, considerar o histórico de cultivo, a expectativa de produtividade, a cultivar e seu potencial de produtividade de acordo com a época de cultivo, podem melhor nortear a definição da dose de N a ser aplicada via adubação. Vale destacar, contudo, que, quando há potencial de resposta ao N, a adição de parte deste após a amontoa, especialmente até cerca de 50 dias após a emergência, pode ser uma alternativa importante para aumentar a eficiência de uso do N aplicado. Ferramentas de diagnóstico, como análise do teor de N na folha, uso de clorofilômetros, entre outras, podem ser importantes para auxiliar na definição da necessidade de N após a amontoa, momento de maior demanda de N pela cultura (FERNANDES et al., 2021; 2022). Fernandes et al. (2021) e Busato et al. (2010) verificaram que o clorofilômetro portátil é uma ferramenta interessante para indicar a suficiência de N durante do ciclo da cultura da batata, evitando a aplicação desnecessária deste nutriente.

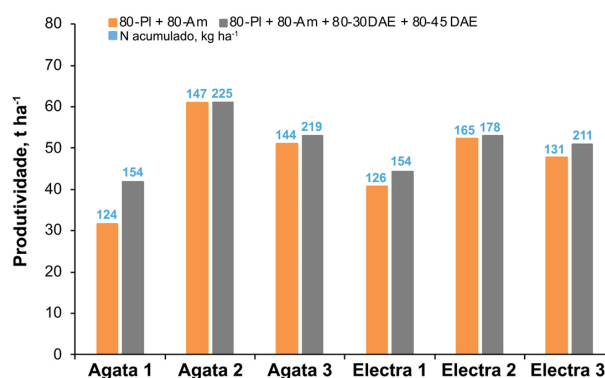


Figura 7. Quantidades totais de nitrogênio acumuladas (números) e produtividades de tubérculos (barras) das cultivares de batata Agata e Electra em função da aplicação de N na amontoa (80-PI + 80-Am) ou 80 kg ha⁻¹ de N no plantio mais 80 kg ha⁻¹ de N na amontoa, mais 80 kg ha⁻¹ de N aos 30 dias após a emergência e 80 kg ha⁻¹ de N aos 45 dias após a emergência (80-PI + 80-Am + 80-30 DAE + 80-45 DAE) em três anos/locais cada.

Fonte: Adaptada de Fernandes et al. (2022).

2.2. Resposta da batateira à adubação nitrogenada: relação nitrogênio e potássio

No sistema batateira-solo-atmosfera ocorrem interações sinérgicas e antagônicas entre as principais formas iônicas de N – NO₃⁻ e amônio (NH₄⁺) – e outros íons, que poderiam explicar a eficiência ou não da adubação nitrogenada para a cultura da batata. Devido à superior exigência em K pelas batateiras, destacam-se as interações entre estas

formas de N com K monovalente (K^+) e ânions cloreto (Cl^-), formas iônicas oriundas do principal fertilizante potássico utilizado em fórmulas NPK e em adubações isoladas – o cloreto de potássio (KCl) (Tabela 1).

Os resultados da interação N e K, quando os fertilizantes são aplicados no plantio da cultura da batata, são bem documentados na literatura, tanto em relação à diminuição da produtividade de tubérculos quanto à menor qualidade destes. Na prática, o uso comum de fórmulas NPK com baixas concentrações de P, principalmente aquelas com soma das concentrações de $N+P_2O_5+K_2O$ menor que 30 (como a tradicional fórmula NPK 4-14-8, por exemplo), promove excesso nos aportes de N e K no plantio. Diversos experimentos realizados nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais, assim como muitos outros divulgados na literatura correlata, mostraram, por caminhos diferentes, que excessos de N e K no plantio reduzem os rendimentos de tubérculos de várias cultivares, além de piorarem sua qualidade.

Para limitar os aportes excessivos de N e K no plantio da cultura da batata são recomendadas fórmulas NPK com relações $P_2O_5/(N + K_2O)$ maiores. Aplicar menos N e K no plantio, por si só, pode manter ou aumentar a rentabilidade da cultura da batata, mas quando as mesmas quantidades destes nutrientes são transferidas para a amontoa, as produtividades de tubérculos aumentam em safras de menor (seca) e maior potencial produtivo (águas) (Figura 8). Esta transferência dos aportes de N do plantio para a cobertura expande-se em sistemas irrigados que contam com a possibilidade de adubações mais tardias, elevando as concentrações foliares de N e, com isso, as produtividades de tubérculos (FERNANDES, 2021).

2.3. Resposta da batateira à adubação nitrogenada: fontes de fertilizantes

Além da dose e do momento adequado de aplicação, a escolha da fonte de N a ser aplicada deve ser feita com critério, levando-se em consideração suas características

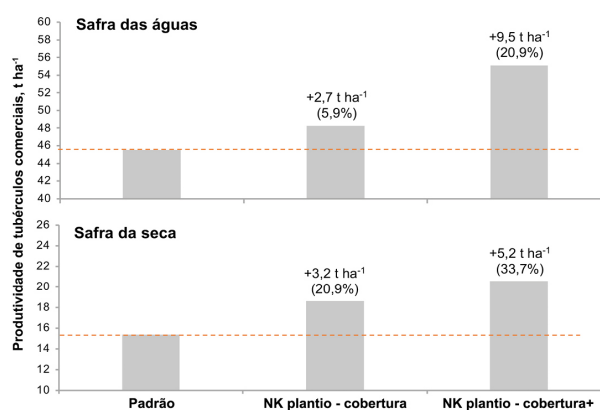


Figura 8. Transferências em aportes de nitrogênio e potássio do plantio para a cobertura em doses similares em cobertura (NK plantio → cobertura) e em doses de máximas eficiências técnicas (NK plantio → cobertura+) em experimentos nas safras das águas e da seca com batata cultivar Atlantic, no estado do Paraná. Os incrementos de produtividade, em t ha⁻¹ e %, são apresentados em relação ao padrão.

Fonte: Adaptada de Yagi et al. (2020).

químicas e físicas. Os adubos nitrogenados normalmente apresentam alta solubilidade, elevado índice salino e alto índice de acidez. Os mais comumente utilizados na cultura da batata são: ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e nitrato de cálcio. Estas fontes diferenciam-se pela forma do nitrogênio (amídica, amoniacal e nítrica), efeito na reação do solo, íon acompanhante, concentração e custo. Na escolha da fonte de N deve-se considerar a dose do nutriente que será aplicada, a forma de distribuição, a presença de finos (pó), a reação no solo e a prevenção de processos de perda que cada fonte pode proporcionar.

A ureia (45% de N) é uma fonte amídica que tem a vantagem de apresentar alto teor de N, grânulos normalmente

Tabela 1. Exemplos de algumas interações entre formas iônicas de nitrogênio e os principais nutrientes advindos da adubação potássica, em aspectos de solo, fertilizantes e plantas de batata.

Forma de N	Interação com	Efeito	Referência
NH_4^+	K^+	Adsorção competitiva por cargas negativas dos colóides	Jellali et al. (2010)
NO_3^-	K^+	Lixiviação conjunta	Zhang et al. (2010)
NH_4^+	K^+ , Cl^-	Inibição da nitrificação, reduções em imobilização microbiana e desnitrificação	Li et al. (2020)
NH_4^+	K^+	Absorção antagonista; diminuição da toxicidade de NH_4^+ com a absorção de K^+	Zhang et al. (2010); Coskun et al. (2017)
NO_3^-	K^+	Sinergismos em absorção, transporte e utilização	Coskun et al. (2017)
NO_3^-	Cl^-	Absorção antagonista	James et al. (1994)

uniformes e com baixa ocorrência de finos e alta solubilidade. A uniformidade de grânulos e baixa ocorrência de finos é interessante para a aplicação a lanço em cobertura. A alta concentração pode ser inconveniente quando a dose de N desejada for baixa. Isso porque a alta concentração condiciona baixas doses de adubo e, quando essas são muito baixas (menores que 50 kg ha⁻¹), os distribuidores a lanço podem causar desuniformidade na faixa aplicada. Merece destaque que a ureia é suscetível à perda de N por volatilização de amônia (NH₃) e medidas de controle devem ser adotadas para o melhor uso dessa fonte. Dentre essas medidas, citam-se a incorporação ao solo (possível durante a operação de amontoa), a aplicação em fertirrigação ou aplicação com solo seco seguida de lâmina de irrigação de pelo menos 10 mm. Com lâminas suficientemente altas para a dissolução e incorporação do adubo ao solo a volatilização pode ser amenizada e a fonte apresentar boa eficácia para fornecer N à batateira.

O sulfato de amônio (20% de N e 24% de S), o nitrato de amônio (33% de N) e o nitrato de cálcio (15% de N e 19% de Ca) também apresentam elevada solubilidade e têm a vantagem da baixa ou ausente propensão à perda por volatilização. No caso do sulfato e do nitrato de amônio é preciso atenção com a ocorrência de finos, que podem gerar desuniformidade quando aplicados via distribuidores a lanço. A ureia, o nitrato de amônio e, principalmente, o sulfato de amônio apresentam efeito acidificante devido à reação de nitrificação, alterando a disponibilidade de alguns nutrientes no solo. O nitrato de cálcio apresenta boa qualidade física (uniformidade de grânulos) e baixa ocorrência de finos, sendo uma opção interessante para a distribuição a lanço. A menor concentração de N do nitrato de cálcio pode ser importante para condicionar maiores doses do adubo em cobertura, o que reduz a desuniformidade na faixa de aplicação. Além disso, ele possui alta concentração de cálcio (Ca) – o terceiro nutriente mais exigido pela cultura da batata (FERNANDES et al., 2011).

Diversos trabalhos da literatura mostram os efeitos de fontes e doses de N na produtividade da batata. Em média, as doses de N que proporcionaram maiores produtividades de batata ficaram entre 140 e 240 kg ha⁻¹ (Figura 9). Essa variação se deve principalmente à cultivar utilizada, à época de plantio e à fonte de fertilizante empregada. Normalmente, existe correlação linear entre as doses de ureia aplicadas em cobertura e a produtividade da cultura (Figuras 9A e 9B), porém, nem sempre as doses empregadas resultaram em maiores produtividades e eficiência de uso de N (EUN – que é a produção por unidade de N aplicada), quando comparada a outras fontes.

O sulfato de amônio é a fonte de N mais empregada no plantio da batata, com o objetivo de reduzir o pH do solo e, assim, prevenir algumas doenças (FERNANDES; SORATTO, 2012), porém, é preciso utilizar essa fonte com critério quando em cobertura, devido à acidificação intensa do solo em relação a outras fontes, que pode prejudicar a disponibilidade de alguns nutrientes, a atividade microbiana

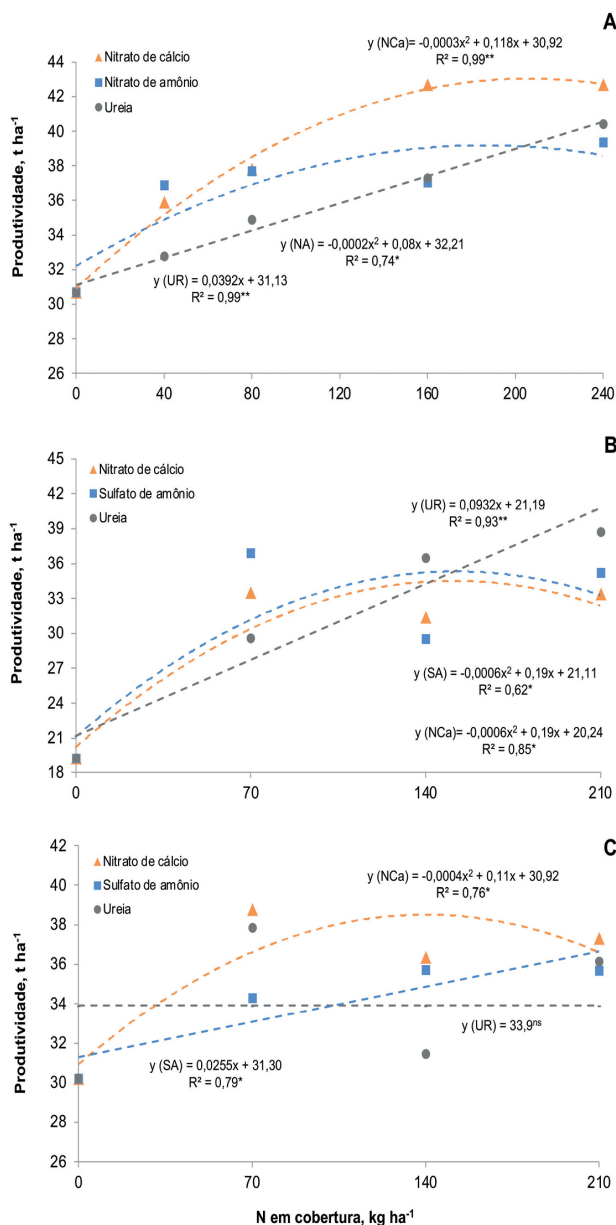


Figura 9. Respostas de cultivares de batata a fontes e doses de nitrogênio em cobertura. **, * e ns: significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo ao teste F, respectivamente.

Fontes: (A) Aquino, dados não publicados; (B e C) Yagi, dados não publicados.

e o desenvolvimento radicular e de tubérculos, e assim comprometer a sustentabilidade do sistema de produção. Este efeito acidificante e suas consequências foram observados em estudo realizado no estado do Paraná, a partir de amostras de solo coletadas em momento prévio à colheita, nas linhas de plantio da cultivar Atlantic (YAGI et al., dados não publicados). Doses de sulfato de amônio em cobertura causaram

acidificação do solo e, conseqüentemente, aumento dos teores de Al trocável (Al^{3+}) e redução do índice de saturação por bases ($V\%$) (Figura 10).

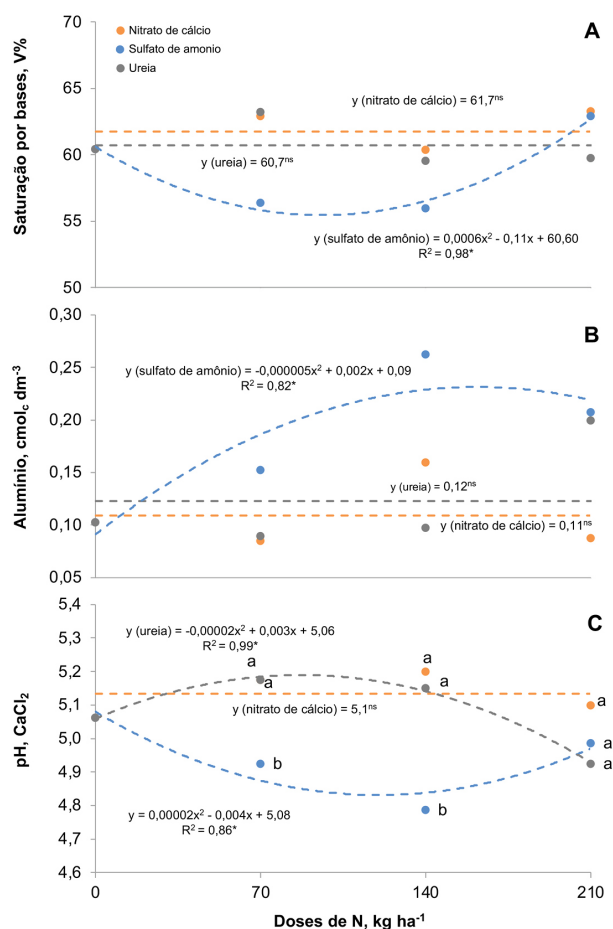


Figura 10. Índice de saturação por bases ($V\%$, A); alumínio trocável (Al^{3+} , B) e acidez ativa (pH em $CaCl_2$, C) em função de doses de ureia, sulfato de amônio e nitrato de cálcio em cobertura para a cultivar de batata Atlantic. * e ns: significativo a 5% e não significativo, respectivamente. Letras distintas indicam diferença pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre fontes de N em cada dose, no caso de interação ($p < 0,05$) entre fontes e doses de N.

Fonte: Yagi et al., dados não publicados.

Um estudo realizado no Cerrado mineiro (AQUINO, dados não publicados), na época das águas e com a cultivar Asterix, mostrou maior produtividade e EUN com aplicação de nitrato de cálcio em cobertura, comparado à ureia e ao nitrato de amônio. A máxima produtividade de batata observada com o nitrato de cálcio foi de 42,4 t ha⁻¹, quando aplicados 178 kg ha⁻¹ de N, mostrando maior EUN, quando comparado à ureia e ao nitrato de amônio, cujas produtividades máximas observadas foram de 40,5 e 39,2 t ha⁻¹ nas doses de 240 e 188 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 9A).

Outro trabalho em plantio de verão, realizado em condições subtropicais, na região centro-sul do Paraná, mostrou haver diferenças entre as cultivares Agata e Atlantic quanto às respostas a fontes e doses de N em cobertura (YAGI et al., dados não publicados). Para a cultivar Agata, houve aumento linear da produtividade de tubérculos com ureia em cobertura e efeitos quadráticos para doses de sulfato de amônio e nitrato de cálcio. Foram observadas produtividades máximas de 40,8; 35,3 e 34,5 t ha⁻¹ com 210, 152 e 151 kg ha⁻¹ de N respectivamente. Apesar das maiores produtividades obtidas com a ureia, a EUN em relação a tubérculos frescos foi a mais baixa, de 194 kg por kg de N aplicado, contra 232 e 229 kg por kg de N aplicado como sulfato de amônio e nitrato de cálcio, respectivamente (Figura 9B).

Para a cultivar Atlantic, a ureia não surtiu efeito nas produtividades de tubérculos, mas estas aumentaram com as doses de sulfato de amônio e de nitrato de cálcio em cobertura. Produtividades máximas de tubérculos de 36,6 e 38,4 t ha⁻¹ foram obtidas com 210 e 140 kg ha⁻¹ de N como sulfato de amônio e nitrato de cálcio, respectivamente. A EUN em relação a tubérculos frescos foi de 174 kg de tubérculos para cada kg de N como sulfato de amônio e de 274 kg de tubérculos para cada kg de N como nitrato de cálcio (Figura 9C).

3. IMPORTÂNCIA DO MAGNÉSIO NA CULTURA DA BATATA

O magnésio (Mg) tem papel fundamental em diversos processos metabólicos e reações importantes na planta, incluindo a formação da molécula de clorofila, participação na fotossíntese, formação de raízes, fixação de dióxido de carbono (CO_2), partição e utilização de fotoassimilados, síntese de proteínas, reações enzimáticas e resistência a estresses bióticos e abióticos. Rodrigues et al. (2022) publicaram uma revisão bastante detalhada sobre a dinâmica do Mg no solo, suas funções no metabolismo vegetal e seus efeitos na produtividade e qualidade das culturas em geral. Assim, aqui focaremos nos efeitos do Mg na cultura da batata.

O acúmulo de Mg tem aumento expressivo a partir da fase de desenvolvimento vegetativo da planta de batata, com o período de máxima taxa de acúmulo ocorrendo na fase de enchimento dos tubérculos, ou seja, entre 50 e 57 DAP (Figura 11, Tabela 2). Apesar do acúmulo de Mg pela planta de batata poder se estender até o período de maturação dos tubérculos, trabalhos realizados nas condições brasileiras indicaram aumento da quantidade total de Mg acumulada na planta apenas até 80-90 DAP, sendo que, após isso, há principalmente redistribuição do nutriente contido nas folhas e hastes para os tubérculos (Figura 11) (FERNANDES et al., 2011; FERNANDES, 2021). As quantidades máximas de Mg extraídos pela cultura da batata, nas condições brasileiras, têm variado de 7 a 20 kg ha⁻¹ (FERNANDES; SORATTO, 2012; FERNANDES et al., 2011; FERNANDES, 2021). Dependendo da cultivar e da condição de cultivo, entre 43 e 88% da quantidade máxima de Mg acumulada pela planta de batata são exportados pelos tubérculos colhidos (Tabela 2; FERNANDES et al., 2011; FERNANDES, 2021).

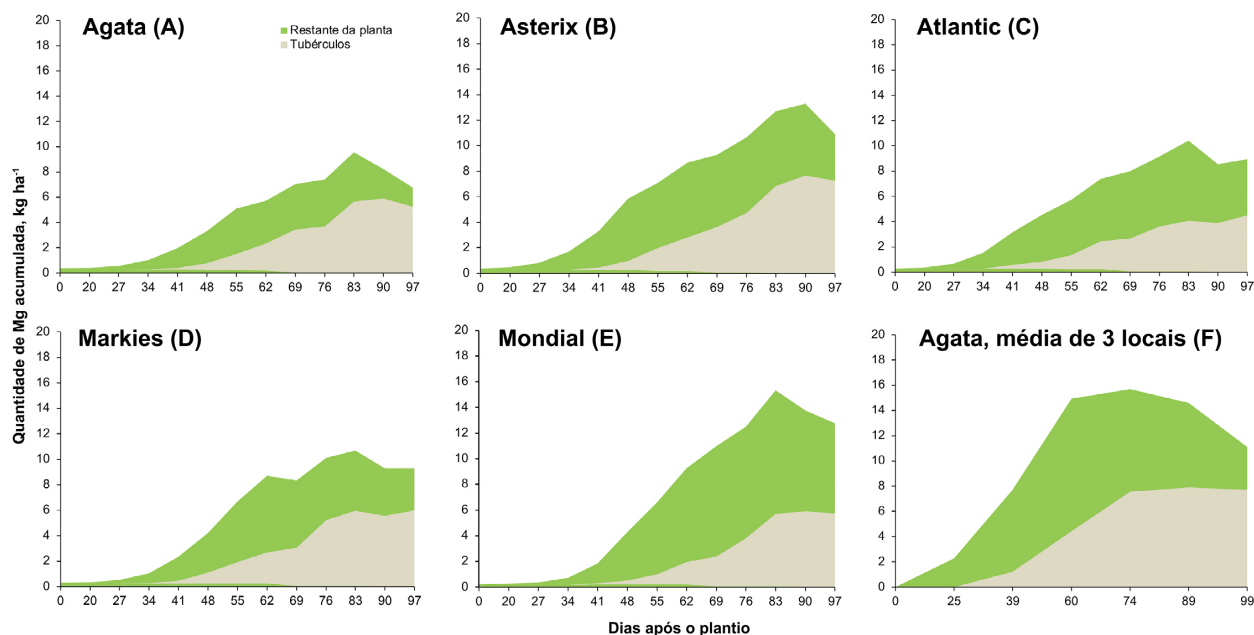


Figura 11. Marcha de absorção e distribuição do magnésio absorvido entre os órgãos da planta de batata nas cultivares Agata (A), Asterix (B), Atlantic (C), Markies (D), Mondial (E) e Agata – média de três locais (F).

Fonte: A, B, C, D e E: adaptadas de Fernandes et al. (2011); F: adaptada de Fernandes (2021) – tratamento com o manejo/dose recomendado de N, ou seja, 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio e 80 kg ha⁻¹ de N na amontoa (10 dias após a emergência).

Tabela 2. Ciclo até a dessecação, produtividade total de tubérculos, quantidade máxima acumulada e taxa diária máxima de acúmulo de Mg na planta inteira, época de ocorrência da taxa diária máxima de acúmulo de Mg nos tubérculos e planta inteira (\pm dias que a taxa esteve acima da taxa máxima) e proporção do Mg total acumulado pela planta que foi exportado pelos tubérculos de cultivares de batata nas condições brasileiras.

Cultivar/ Experimento	Ciclo	Produtividade total de tubérculos	Quantidade máxima acumulada de Mg	Taxa diária máxima de acúmulo de Mg	Época de ocorrência da taxa diária máxima de acúmulo de Mg		Proporção exportada pelos tubérculos
					Tubérculos	Planta	
	(dias)	(t ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ dia ⁻¹)	----- (DAP)-----		(%)
Agata ⁽¹⁾	98	37,1	8	0,22	67 \pm 7	53 \pm 6	88
Asterix ⁽¹⁾	98	40,0	12	0,27	70 \pm 6	52 \pm 8	67
Atlantic ⁽¹⁾	98	22,5	9	0,23	64 \pm 5	50 \pm 8	56
Markies ⁽¹⁾	98	28,6	10	0,32	67 \pm 7	50 \pm 5	70
Mondial ⁽¹⁾	98	40,1	14	0,39	72 \pm 6	57 \pm 7	43
Agata - Local 1 ⁽²⁾	100	31,6	15	0,42	69 \pm 5	51 \pm 7	43
Agata - Local 2 ⁽²⁾	100	60,9	16	0,38	69 \pm 5	54 \pm 8	73
Agata - Local 3 ⁽²⁾	100	50,9	17	0,46	69 \pm 9	54 \pm 7	49
Média	99	39,0	12,6	0,34	68 \pm 6	52 \pm 7	61

⁽¹⁾ Fernandes et al. (2011); ⁽²⁾ Fernandes (2021) – tratamento com o manejo/dose recomendado de N, ou seja, 80 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio e 80 kg ha⁻¹ de N na amontoa (10 dias após a emergência).

Fonte: Extraída de Fernandes et al. (2011) e Fernandes (2021).

A forma mais econômica e comum de fornecer Mg às culturas ainda é por meio da calagem, especialmente em solos ácidos (LOPES, 2018; RODRIGUES et al., 2022). Contudo, é comum o cultivo de batata em solos com reduzidos teores de

Mg e com pHs relativamente baixos, uma vez que muitos produtores não realizam calagem nestes solos, com receio de que a elevação do pH ocasione maior incidência de sarna comum (*Streptomyces* spp.) nos tubérculos (SANGOI; KRUSE, 1994;

FERNANDES; SORATTO, 2012). Além disso, é rotineira a utilização indiscriminada de fertilizantes em quantidades superiores às recomendadas para a cultura, bem como a utilização de adubos com fórmulas que apresentam elevadas concentrações de Ca e K, o que pode ocasionar desequilíbrios nutricionais, principalmente nas relações entre Ca, Mg e K (SORATTO; FERNANDES, 2015; SORATTO et al., 2021). Na cultura da batata, Job et al. (2019) verificaram redução nos teores foliares de Mg com o aumento das doses de K (Figura 12), mesmo com o solo contendo teores considerados altos de Mg (RAIJ et al., 1997).

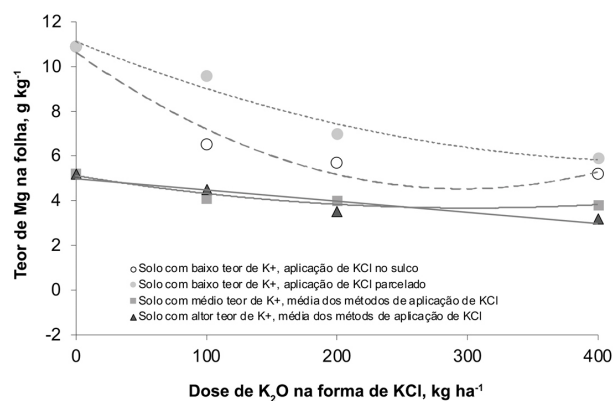


Figura 12. Teores de magnésio na folha da cultivar de batata Ágata em função de doses e parcelamento da adubação potássica, em solos com baixo ($0,7 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$), médio ($1,6 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$) e alto ($3,7 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$) teor de potássio trocável. Os teores de cálcio e magnésio trocáveis nos solos eram, respectivamente, de 44 e $23 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$, 35 e $20 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$ e 38 e $16 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$.

Fonte: Adaptada de Job et al. (2019).

Um sintoma característico da deficiência de Mg nas plantas, incluindo a batateira, é a clorose internerval, iniciando-se primeiro nos folíolos da parte mediana das folhas mais velhas, próximo às nervuras primárias, e depois espalhando-se em direção às margens (Figura 13A) (FERDOUS et al., 2014; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). Pelo fato do Mg ser um elemento facilmente remobilizado dentro da planta (EPSTEIN; BLOOM, 2004; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018) e os tubérculos serem fortes drenos de nutrientes móveis (FERNANDES et al., 2011; FERNANDES, 2021), na fase de enchimentos dos tubérculos, caso a planta de batata não disponha de um suprimento adequado de Mg, haverá redistribuição do Mg acumulado nas folhas e hastes para os tubérculos, e sintomas de clorose severa, ou até mesmo de senescência das folhas, podem ocorrer (Figura 13).

Todavia, a maioria das deficiências nutricionais começa a interferir na produtividade das plantas muito antes dos sintomas se tornarem visíveis. A deficiência de Mg pode inibir o crescimento da raiz (Figura 14) antes mesmo de qualquer alteração perceptível no crescimento da parte aérea e na

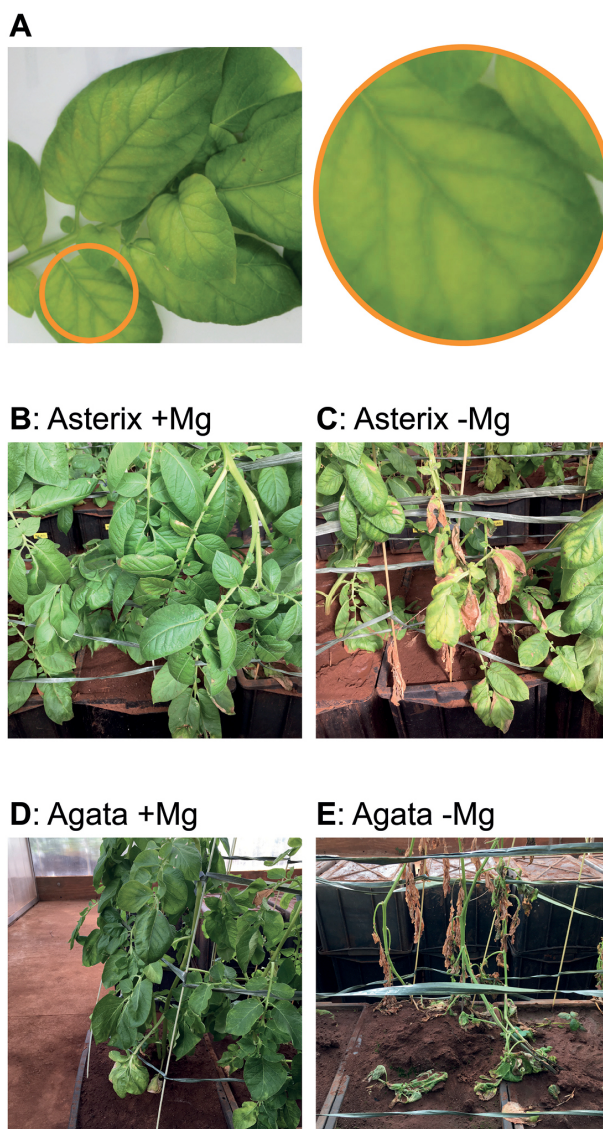


Figura 13. Detalhes do sintoma típico de deficiência de magnésio (clorose internerval) em folha de batata cultivar Ágata (A); ausência de sintomas (B e D) e sintomas severos de deficiência de magnésio em plantas de batata (C e E) das cultivares Asterix (B e C) e Ágata (D e E) na fase de enchimento de tubérculos, em casa de vegetação.

Crédito das fotos: Francisca Gyslane de Sousa Garreto e Rogério Peres Soratto.

concentração de clorofila (CAKMAK et al., 1994; KOCH et al., 2020b), podendo causar, ainda, acúmulo de amido nos cloroplastos, em consequência dos efeitos da falta de Mg na síntese de proteínas (MARENCO; LOPES, 2009) e, assim, influenciar na partição de matéria seca e carboidratos entre a parte aérea e a raiz, apresentando, como umas das primeiras reações, o aumento acentuado da razão peso seco da parte aérea/raiz, que está associada ao acúmulo significativo de carboidratos nas folhas (fonte), principalmente sacarose e

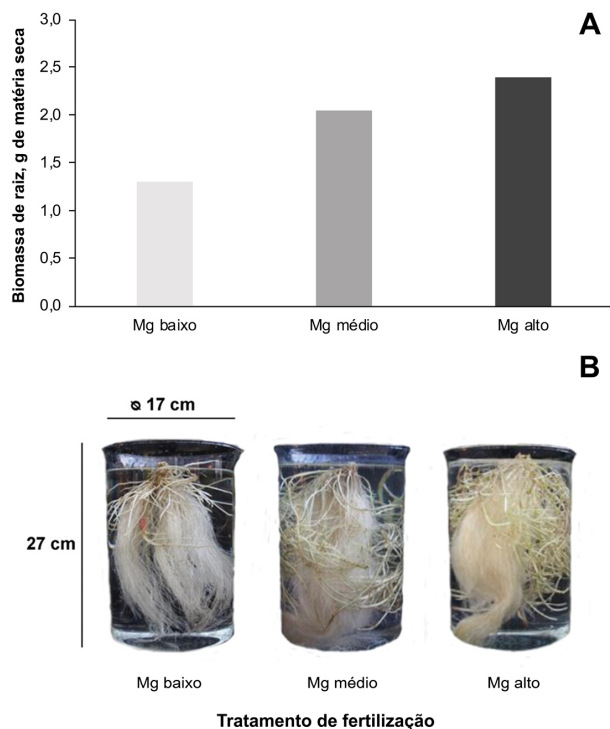


Figura 14. Efeito do baixo suprimento de Mg (5 μM), médio (100 μM) e alto (500 μM) na biomassa de raízes de batata (A), no fenótipo de raízes de batata, estolões e mini tubérculos em um béquer de 5 litros de volume (B), na colheita (55 dias após o início de aplicação dos tratamentos), cultivar Laura.

Fonte: Adaptada de Koch et al. (2020b).

amido, podendo ocasionar, também, alterações no metabolismo fotossintético do carbono e restrição da fixação de CO_2 (CAKMAK et al., 1994; HERMANS et al., 2005; CAKMAK; KIRKBY, 2008). Assim, devido à importância do desenvolvimento do sistema radicular para a produção, é recomendada atenção quanto ao estado nutricional de Mg das plantas antes do desenvolvimento de qualquer sintoma de deficiência visível.

A manifestação da deficiência de Mg na folha é mais severa sob alta intensidade luminosa, devido aos danos causados aos cloroplastos pelo excesso de luz (CAKMAK; YAZICI, 2010; PITCHAY; MIKKELSEN, 2018). O aparecimento e desenvolvimento dos sintomas específicos de deficiência de Mg também podem variar, dependendo da cultivar de batata (Figuras 13B, C, D e E) (PITCHAY; MIKKELSEN, 2018), o que muitas vezes dificulta o manejo da adubação, visando a reposição de nutrientes às plantas, a fim de evitar perdas na produtividade da cultura.

Embora exista o conhecimento sobre o importante papel do Mg em várias funções críticas nas plantas, há poucos estudos sobre a influência da nutrição com Mg na produção e qualidade das culturas, principalmente relacionada à agricultura

de alta produtividade como é o caso da cultura da batata, uma vez que a nutrição de Mg nas plantas ainda é frequentemente ignorada. Contudo, a deficiência de Mg está se tornando um fator limitante importante em sistemas intensivos de produção agrícola, especialmente em solos com elevados teores de outros nutrientes e quando produtividade elevadas são almeçadas (CAKMAK; YAZICI, 2010; GUO et al., 2016).

3.1. Resposta da batateira à adubação magnésiana: impacto na produtividade

O Mg é um dos macronutrientes absorvidos em menor quantidade pela cultura da batata, ou seja, em média, ela absorve 0,32 kg de Mg para cada tonelada de tubérculo produzida, e a exportação gira em torno de 0,2 kg de Mg por tonelada de tubérculo (Tabela 2). Além disso, pelo fato de sofrer interações importantes com outros nutrientes no solo (RODRIGUES et al., 2022), as respostas da cultura da batata à aplicação de Mg têm sido contraditórias e/ou negligenciáveis. Em oito experimentos realizados no Reino Unido, Allison et al. (2001) verificaram ausência de efeito da aplicação de fertilizante magnésiano na produtividade de tubérculos de batata, mesmo em solos com teores de Mg considerados baixos e/ou condições de elevadas produtividades, e recomendaram a aplicação de 50 kg ha^{-1} de Mg apenas em solos com teores baixos do nutriente. Isso tem feito com que o Mg seja, muitas vezes, um nutriente subestimado ou esquecido no manejo nutricional das culturas (CAKMAK; YAZICI, 2010; GUO et al., 2016). No Brasil, por exemplo, praticamente não há recomendação de Mg para a cultura da batata (RAIJ et al., 1997; RIBEIRO et al., 1999; NEPAR-SBCS, 2017). Raij et al. (1997) recomendam aplicar calcário para elevar o teor de Mg^{2+} no solo a um mínimo de 8 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, contudo, sem se referirem às relações entre os nutrientes no solo ou ao nível de produtividade da cultura.

Ademais, pelo fato do cultivo de batata ser um empreendimento de alto custo e ser cultivada em sistemas intensivos, normalmente são utilizadas altas doses de fertilizantes, contendo elevadas concentrações de N, P, K, Ca e S (SILVA et al., 2007; SORATTO; FERNANDES, 2015), sem considerar a análise de solo, marcha de absorção de cada nutriente e a exigência das cultivares ou mesmo o balanço de nutrientes no solo. Apesar disso, trabalhos recentes têm indicado respostas da cultura da batata à aplicação de Mg, mesmo em solos com teores considerados médios ou altos do nutriente.

Em um solo de Viçosa, MG, com 1,0, 26 e 7 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente, adubado com 1.800 kg ha^{-1} de superfosfato simples e 384 kg ha^{-1} de cloreto de potássio, Lopes (2014) obteve incremento da produtividade de tubérculos da cultivar Agata até a dose máxima de sulfato de magnésio heptahidratado (800 kg ha^{-1} ; equivalente a 72 kg ha^{-1} de Mg) aplicada no sulco de plantio (Figura 15A). Apesar de significativo, vale destacar que o aumento foi de apenas cerca de 5% em relação ao controle, que não recebeu Mg. Em condições semelhantes de solo e dose de superfosfato simples,

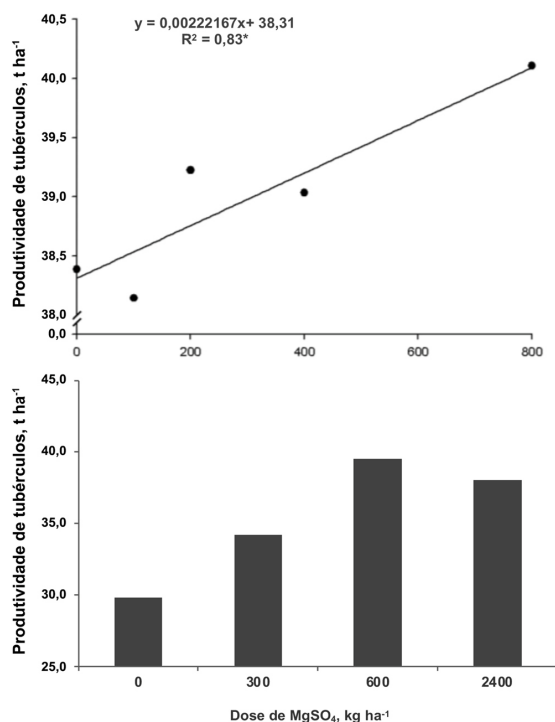


Figura 15. Produtividade de tubérculos de batata, cultivares Agata (A) e Markies (B), em função de doses de sulfato de magnésio (MgSO₄) heptahidratado aplicadas no sulco de plantio.

Fonte: A: adaptada de Lopes (2014); B: adaptada de Lopes (2018).

mas com teor de 1,8 mmol_c dm⁻³ de K⁺ no solo e aplicação de 500 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, Lopes (2018) obteve a máxima produtividade de tubérculos (39,5 t ha⁻¹) da cultivar Markies, com a dose de 600 kg ha⁻¹ de sulfato de magnésio heptahidratado (54 kg ha⁻¹ de Mg) aplicada no sulco de plantio (Figura 15B), representando um aumento de aproximadamente 33% em relação ao tratamento sem aplicação de Mg. Em um terceiro experimento, em solo com 2,5, 20 e 5 mmol_c dm⁻³ de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, respectivamente, e com a mesma adubação de superfosfato simples e cloreto de potássio do experimento anterior, Lopes (2018) verificou aumento de 32% (7,2 t ha⁻¹) na produtividade de tubérculos da cultivar Agata, mediante aplicação de 780 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico “filler” (equivalente a 84 kg ha⁻¹ de Mg) antes do plantio.

No sudoeste de São Paulo, um estudo sobre doses de Mg aplicadas via sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), envolvendo as cultivares Agata, Asterix e Orchestra, em solos com teores altos de Mg²⁺ (9-14 mmol_c dm⁻³) e de Ca²⁺ (28-59 mmol_c dm⁻³) e com aplicação de cerca de 250 kg ha⁻¹ K₂O e 350 kg ha⁻¹ de Ca no plantio, foi verificado que a cultivar Agata respondeu até a dose de 50 kg ha⁻¹ de Mg em ambos os locais estudados, proporcionando aumentos entre 22 e 32% (~ 8,0 e 9,4 t ha⁻¹) na produtividade de

A tubérculos em relação ao controle (Tabela 3). Por outro lado, as cultivares Asterix e Orchestra demonstraram menores respostas à aplicação de Mg, com efeito significativo em apenas um dos locais e incrementos máximos de 13 e 15% (~ 5,7 e 6,9 t ha⁻¹), respectivamente, com o uso da dose de 25 kg ha⁻¹ de Mg. Também foi verificado que a aplicação de Mg no sulco de plantio incrementou significativamente os teores de Mg nas folhas das cultivares Agata e Orchestra, mesmo com os teores no tratamento sem aplicação de Mg estando acima do limite mínimo (3,0 g kg⁻¹), sugerido como crítico para a cultura (RAIJ et al., 1997). As maiores produtividades obtidas estiveram relacionadas a teores foliares de Mg de 4,5 g kg⁻¹ (Agata), 4,5-4,8 g kg⁻¹ (Asterix) e 4,1-4,8 g kg⁻¹ (Orchestra). Lopes (2018) também reportou as maiores produtividades das cultivares Agata e Markies, com teores foliares de Mg de 5,2-5,7 g kg⁻¹. Tais resultados sugerem que o limite crítico inferior da faixa tida como adequada (3-5 g kg⁻¹ de Mg) pode não ser suficiente para alcançar altas produtividades nas cultivares e níveis de produtividades atuais, necessitando de atualização. Nesse mesmo estudo, não foi verificado efeito importante da época de aplicação do Mg (plantio ou amontoa). Esses resultados sugerem que a kieserita é eficiente para o fornecimento de Mg para a cultura da batata, podendo ser aplicada no sulco de plantio ou imediatamente antes da amontoa.

B Em outro experimento, conduzido em 2021, em um solo do município de Paranapanema, SP, com 4,9, 57 e 14 mmol_c dm⁻³ de K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, respectivamente, e que foi adubado com 210 kg ha⁻¹ de K₂O e 240 kg ha⁻¹ de Ca, verificou-se que a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de Mg (kieserita) no plantio, ou duas aplicações via foliar de 300 g ha⁻¹ de Mg (hidróxido de Mg) na fase de tuberação (23 e 51 DAE), incrementaram a produtividade de tubérculos da classe especial da cultivar Agata em cerca de 7%. Contudo, a aplicação combinada de kieserita via solo (50 kg ha⁻¹) e duas aplicações de 600 g ha⁻¹ de Mg via foliar levou aos melhores resultados, com incremento de 13,5% (~ 4,8 t ha⁻¹) na produtividade especial, em comparação com o controle, sem aplicação de Mg via solo ou foliar (SORATTO, dados não publicados).

Os resultados reportados aqui também indicam que o aporte de Mg pode resultar em aumentos expressivos na produtividade de tubérculos de batata, mesmo em solos com teores de Mg²⁺ considerados altos, o que pode estar relacionado ao balanço mais adequado de nutrientes no solo com a adubação magnésiana (FERDOUS et al., 2014; KOCH et al., 2019), já que os solos apresentavam teores relativamente elevados de Ca²⁺, pois as adubações de plantio normalmente forneceram quantidades expressivas de K e Ca. Contudo, a resposta da planta de batata à adubação com Mg também variou em função da quantidade de K aplicada e da cultivar. Há indícios de que apenas o teor de Mg²⁺ no solo não seja um bom indicativo da necessidade da aplicação de Mg para a cultura da batata, já que a aplicação de elevadas doses de K e Ca podem ampliar substancialmente as relações K:Mg e Ca:Mg do solo, dificultando a absorção de Mg mesmo em

Tabela 3. Produtividade total de tubérculos e teores foliares de Mg de cultivares de batata em função das doses de magnésio aplicadas no sulco de plantio na forma de sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), em experimentos conduzidos em Itai e Botucatu, estado de São Paulo, nos anos de 2019 e 2020¹.

Dose de Mg (kg ha ⁻¹)	Agata		Asterix		Orchestra		Aumento médio (%)
	Itai 2019	Botucatu 2019	Itai 2019	Botucatu 2020	Itai 2019	Botucatu 2020	
	----- Produtividade (t ha ⁻¹) (% de aumento em comparação com o controle) -----						
0	43,1	25,4	45,9	29,0	55,5	45,7	
12,5	45,5 (6)	30,9 (22)	47,5 (4)	32,8 (13)	57,7 (4)	49,5 (8)	7,8
25	51,4 (19)	31,7 (25)	51,6 (13)	32,3 (12)	59,1 (7)	52,6 (15)	13,9
50	52,5 (22)	33,4 (32)	51,6 (13)	31,3 (8)	61,6 (11)	48,0 (5)	13,7
100	44,7 (4)	32,4 (28)	48,4 (6)	30,5 (5)	53,8 (0)	48,4 (6)	5,5
Efeito	Q*	Q*	Q**	ns	Q*	ns	-
	----- Teor de Mg na folha diagnose (g kg ⁻¹) -----						
0	3,6	3,5	4,1	4,4	3,1	4,6	
12,5	4,2	4,0	4,3	4,8	3,8	5,1	
25	4,6	4,5	4,5	5,0	4,1	4,8	
50	4,5	4,5	4,4	4,9	4,1	5,8	
100	5,1	5,1	4,3	4,8	4,2	5,7	
Efeito	L**	L**	ns	ns	Q**	L*	

¹ Valores entre parênteses indicam a percentagem de aumento de produtividade em comparação com o controle (sem aplicação de magnésio). L: regressão linear; Q: regressão quadrática. **, * e ns são, respectivamente, significativos a 1% e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F.

Fonte: Garreto (dados não publicados).

solos com teor elevado deste nutriente. Nesses casos, é recomendado suprir Mg via solo ou foliar para evitar limitações à produtividade.

3.2. Resposta da batateira à adubação magnésiana: efeito na qualidade dos tubérculos

O Mg também afeta a qualidade dos tubérculos de batata, principalmente devido sua atuação na fotossíntese e na transferência de energia do local de produção (folhas) para os drenos principais (tubérculos), já que interfere na alocação de açúcares e amido (EPSTEIN; BLOOM, 2004; FERDOUS et al., 2014; NAUMANN et al., 2020). Assim, o Mg pode desempenhar papel importante na formação de tubérculos graúdos nas cultivares para mercado fresco, como Agata e Orchestra, por exemplo, mas principalmente nas cultivares de batata utilizadas na indústria de processamento, como a cultivar Asterix e Markies, que devem ter tubérculos com alta percentagem de matéria seca e baixo teor de açúcares redutores (glicose e frutose). O alto teor de açúcar redutor pode interferir na coloração da batata ao ser processada, tornando-a mais escura, reduzindo a qualidade do produto final (ARAÚJO et al., 2016). Contudo, são escassos os estudos sobre os efeitos do Mg na qualidade dos tubérculos de batata.

Uma recente revisão feita por Naumann et al. (2020) compilou os principais resultados disponíveis sobre a ação do Mg na qualidade física e química dos tubérculos de batata. Nesse trabalho, os autores observaram que o Mg parece contribuir para a estabilização da parede celular dos tubérculos de batata, melhorando a resistência a danos mecânicos; corroborando com o estudo realizado no Sudoeste de SP, com a cultivar Asterix, onde foi verificado que o aumento das doses de Mg aumentou a firmeza dos tubérculos, mesmo sem ter tido efeito na matéria seca (Tabela 4).

Naumann et al. (2020) também citaram a possível relação entre o Mg e a formação de ácido ascórbico e sua consequente ação na redução das descolorações enzimáticas e formação de melanina, as quais estão diretamente relacionada à formação de manchas negras na polpa dos tubérculos; contudo, argumentaram que os resultados são variáveis, possivelmente devido a interações com outros fatores relacionados ao sistema de produção, que podem mascarar o envolvimento do Mg nesta resposta de qualidade específica. O baixo suprimento de Mg pode ocasionar aumento das concentrações de glicose e frutose nas plantas de batata (KOCH et al., 2020b) e interferir na produção de amido, pois plantas com suprimento deficiente de Mg apresentaram rendimentos de amido significativamente menores, em comparação com plantas com suprimento suficiente (KOCH et al., 2019). Em um experimento de casa de vegetação em solo com baixo

Tabela 4. Firmeza, percentagem de matéria seca e teores de amido e açúcares redutores nos tubérculos de batata cultivar Asterix em função das doses de magnésio aplicadas no sulco de plantio na forma de sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), em experimentos conduzidos em Itai, SP, em 2019, e em Botucatu, SP, em 2020¹.

Dose de Mg (kg ha ⁻¹)	Firmeza (Newton)	Matéria seca (%)	Amido ----- (% da matéria fresca) -----	Açúcares redutores
----- Itai 2019 -----				
0	13,5	18,2	11,3	0,34
12,5	13,7	18,4	13,0	0,21
25	13,5	17,7	12,2	0,20
50	13,6	17,6	12,7	0,16
100	14,1	17,5	13,0	0,16
Efeito	ns	ns	ns	Q**
----- Botucatu 2020 -----				
0	13,9	17,0	7,4	0,09
12,5	14,2	17,6	7,4	0,08
25	14,7	18,6	8,9	0,08
50	14,5	17,7	9,3	0,11
100	15,0	18,0	9,1	0,10
Efeito	L**	ns	Q*	L*

¹ L: regressão linear; Q: regressão quadrática. **, * e ns são, respectivamente, significativos a 1% e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F.

Fonte: Garreto, dados não publicados.

teor de Mg (~ 5 mmol_c dm⁻³), o aumento da disponibilidade de Mg no solo, mediante aplicação de kieserita, aumentou a percentagem de matéria seca nos tubérculos e não afetou os teores de amido e açúcares redutores, apesar da tendência de aumento (Figura 16). Por outro lado, em condições de campo e em solo com teores de Mg considerados altos, a aplicação de Mg aumentou o teor de amido em apenas um dos dois experimentos, enquanto teve efeitos contraditórios no teor de açúcares redutores, ou seja, proporcionou redução em um experimento e ligeiro aumento no outro. Da mesma forma, Naumann et al. (2020) relataram que as informações contidas na literatura sobre o efeito do Mg na concentração de amido e açúcares nos tubérculos de batata são controversas.

Pobereżny e Wszelaczyńska (2011) verificaram que doses intermediárias de Mg (~ 36 kg ha⁻¹) proporcionaram menor perda de peso dos tubérculos colhidos quando estes foram armazenados por seis meses. Lopes (2018) avaliou, por 49 dias, a perda de peso em tubérculos de batata produzidos sob diferentes dosagens de Mg e verificou que, para tubérculos lavados, as menores perdas ocorreram na dose de 27 kg ha⁻¹ de Mg, enquanto para os tubérculos não lavados as perdas foram menores quando utilizou-se a adubação de 54 kg ha⁻¹ de Mg.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A batata, em muitos países, é considerada a principal fonte diária de carboidratos da população, além de ser um alimento extremamente nutritivo e versátil. Portanto, apre-

senta papel de destaque na alimentação humana, por ser fonte de energia e exercer posicionamento importante dentro do contexto da segurança alimentar.

Devido ao seu curto ciclo de produção e alto rendimento, a batata é uma cultura que apresenta elevada exigência nutricional. Assim, as adubações precisam ser realizadas com critérios, levando-se em consideração a cultivar utilizada, o momento de aplicação, a época de cultivo, a localização do adubo e a fonte de fertilizante empregada. O N e o Mg são nutrientes-chaves para garantir altas produtividades e qualidade de tubérculos, ambos fazem parte da molécula de clorofila, e, portanto, apresentam funções cruciais no processo fotossintético e na partição de carboidratos na planta. Além de todas as funções individuais destes dois nutrientes mencionadas neste artigo, estudos indicam que a eficiência de uso de N pode ser aumentada na presença de Mg (GRZEBISZ, 2013), trazendo benefícios à sustentabilidade do sistema de produção.

A indústria alimentar vem passando por fortes transformações e assumindo o compromisso de diminuir as emissões de gases de efeito estufa em todo o processo de produção. Sabemos que o uso eficiente dos fertilizantes, principalmente os nitrogenados, contribuirá de forma significativa para o sucesso das metas estabelecidas. Portanto, será preciso implementar um conjunto de boas práticas que reduzam as perdas de nutrientes e restaurem a qualidade do solo. Fertilizantes com baixa pegada de carbono e manejos eficientes que proporcionem menores perdas serão chaves neste processo.

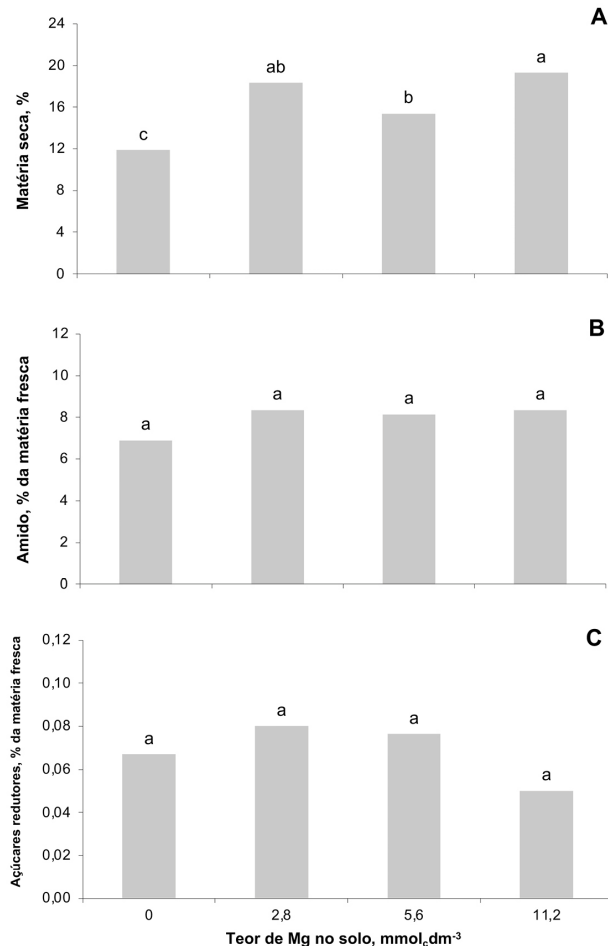


Figura 16. Percentagem de matéria seca (A), teores de amido (B) e açúcares redutores (C) nos tubérculos de batata cultivar Asterix em função das doses (concentrações no solo) de magnésio fornecidas na forma de sulfato de magnésio monohidratado (kieserita), em experimentos de casa de vegetação.

Fonte: Garreto, dados não publicados.

Tanto os produtores quanto a indústria processadora de batata estão cada vez mais comprometidos com a construção de uma cadeia produtiva de menor impacto ambiental, beneficiando a sociedade como um todo e as futuras gerações.

5. REFERÊNCIAS

ALLISON, M. F.; FOWLER, J.H.; ALLEN, E.J. Factors affecting the magnesium nutrition of potatoes (*Solanum tuberosum*). **Journal of Agricultural Science**, v. 137, p. 397-409, 2001.

ARAÚJO, T. H.; PÁDUA, J. G.; SPOTO, M. H. F.; ORTIZ, V. D. G.; MARGOSSIAN, P. L.; DIAS, C. T. S.; MELO, P. C. T. Productivity and quality of potato cultivars for processing as shoestrings and chips. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 554-560, 2016.

BUSATO, C.; FONTES, P. C. R.; CECON, P. R.; BRAUN, H. Seasonal variation and threshold values for chlorophyll meter readings on leaves of potato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, p.2148-2156, 2010.

CAKMAK, I.; KIRKBY, E.A. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiological Plantarum**, v. 133, p. 692-704, 2008.

CAKMAK, I.; YAZICI, A. M. Magnesium: a forgotten element in crop production. **Better Crops with Plant Food**, v. 94, p. 23-25, 2010.

CAKMAK, I.; HENGELER, C.; MARSCHNER, H. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. **Journal of Experimental Botany**, v. 45, p. 1245-1250, 1994.

CARDOSO, A. D.; ALVARENGA, M. A. R.; MELO, T. L.; VIANA, A. E. S. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1729-1736, 2007.

COSKUN, D.; BRITTO, D. T.; SHI, W.; KRONZUCKER, H. J. Nitrogen transformations in modern agriculture and the role of biological nitrification inhibition. **Nature Plants**, v. 3, p. 17074, 2017.

DEVAUX, A.; GOFFART, J.-P.; PETSAKOS, A.; KROMANN, P.; GATTO, M.; OKELLO, J.; SUAREZ, V.; HAREAU, G. Global food security, contributions from sustainable potato agrifood systems. In: CAMPOS, H.; ORTIZ, O. (Eds.). **The potato crop**. Springer International Publishing, Cham, 2020. p. 3-35.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives**. Sunderland: Sinauer, 2004. 380 p.

FERDOUS, M. Z.; ANWAR, M. M.; HAQUE, Z.; MAHAMUD, N. U.; HOSSAIN, M. M. Comparative performance of two magnesium sources on yield and yield attributes of potato. **Bangladesh Journal of Environmental Science**, v. 27, p. 98-101, 2014.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu/Itapetininga: FEPAF/ABBA, 2012. 121 p.

FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2039-2056, 2011.

FERNANDES, F. M. **Produtividade de tubérculos e acúmulo, partição e exportação de nutrientes em duas cultivares de batata sob influência do manejo do nitrogênio**. 2021. 148 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2021.

- FERNANDES, F. M.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; SOUZA, E. F. C. Chlorophyll meter-based leaf nitrogen status to manage nitrogen in tropical potato production. **Agronomy Journal**, v. 113, p. 173-1746, 2021.
- FERNANDES, F. M.; SORATTO, R. P.; SANDAÑA, P.; SOUZA, E. F. C.; YAGI, R. Optimization of leaf nitrogen concentration and monitoring time for sustainable potato productions in tropics. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 22, p. 2765-2775, 2022.
- GRZEBISZ, W. Crop response do magnesium fertilization as affected by nitrogen supply. **Plant and Soil**, v. 368, p. 23-39, 2013.
- GUO, W.; NAZIM, H.; LIANG, Z.; YANG, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. **The Crop Journal**, v. 4, p. 83-91, 2016.
- HERMANS, C.; BOURGIS, F.; FAUCHER, M.; STRASSER, R. J.; DELROT, S.; VERBRUGGEN, N. Magnesium deficiency in sugar beets alters sugar partitioning and phloem loading in young mature leaves. **Planta**, v. 220, p. 541-549, 2005.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento de safras agrícolas no ano civil. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?edicao=23542&t=resultados>>. Acesso em: 6 abr. 2022.
- JELLALI, S.; DIAMANTOPOULOS, E.; KALLALI, H.; BENNACEUR, S.; ANANE, M.; JEDIDI, N. Dynamic sorption of ammonium by sandy soil in fixed bed columns: evaluation of equilibrium and non-equilibrium transport processes. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 897-905, 2010.
- JAMES, D.W.; HURST, R. L.; WESTERMANN, D. T.; TINDALL, T. A. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: Evaluating nutrient element interactions in petioles with response surfaces. **American Potato Journal**, v. 71, p. 249-265, 1994.
- JOB, A. L. G.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; ASSUNÇÃO, N. S.; FERNANDES, F. M.; YAGI, R. Potassium fertilization for fresh market potato production in tropical soils. **Agronomy Journal**, v. 111, p. 3351-3362, 2019.
- KOCH, M.; BUSSE, M.; NAUMANN, M.; JÁKLI, B.; SMIT, I.; CAKMAK, I.; HERMANS, C.; PAWELZIK, E. Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants. **Physiologia Plantarum**, v. 166, p. 921-935, 2019.
- KOCH, M.; NAUMANN, M.; PAWELZIK, E.; GRANSEE, A.; THIEL, H. The importance of nutrient management for potato production Part I: Plant nutrition and yield. **Potato Research**, v. 63, p. 97-119, 2020a.
- KOCH, M.; WINKELMANN, M. K.; HASLER, M.; PAWELZIK, E.; NAUMANN, M. Root growth in light of changing magnesium distribution and transport between source and sink tissues in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-14, 2020b.
- LI, Z.; XIA, S.; ZHANG, R.; ZHANG, R.; CHEN, F.; LIU, Y. N₂O emissions and product ratios of nitrification and denitrification are altered by K fertilizer in acidic agricultural soils. **Environmental Pollution**, v. 265, p. 115065, 2020.
- LOPES, I. P. C. **Características da planta e do solo e produtividade de tubérculos de batata em função da aplicação de magnésio**. 2018. 121 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.
- LOPES, I. P. C. **Indicadores do estado de nitrogênio da planta, produtividade e biofortificação de tubérculos de batata influenciados por doses de sulfato de magnésio**. 204. 71. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: Fotosíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. 3.ed., atual. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 486 p.
- NAUMANN, M.; KOCH, M.; THIEL, H.; GRANSEE, A.; PAWELZIK, E. The Importance of nutrient management for potato production part II: Plant nutrition and tuber quality. **Potato Research**, v. 63, p. 121-137, 2020.
- NEPAR-SBCS. Núcleo Estadual Paraná-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba, 2017. 289 p.
- OLIVEIRA, T. F.; GENTIL, T. G.; CLEMENTE, J. M.; DOS REIS, M. R.; AQUINO, L. A. Use efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium by potato cultivars. **Revista Cultura Agronômica**, v. 27, n. 2, p. 251-261, 2018.
- PITCHAY, D.; MIKKELSEN, R. **Batata**: Diagnose nutricional da planta. Piracicaba: IPNI, 2018. 121 p.
- POBEREŻNY, J.; WSZELACZYŃSKA, E. Effect of bioelements (N, K, Mg) and long-term storage of potato tubers on quantitative and qualitative losses. Part II. Content of dry matter and starch. **Journal of Elementology**, v. 16, p. 237-246, 2011.
- RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. C. M. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas: Instituto Agronômico. 1997. 285 p. (Boletim Técnico 100).
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RODRIGUES, M.; HANSEL, F. D.; MOREAU, M. F. M.; LAZZARINI, P. R. C.; MACHADO, B. A.; COMPARONI, I.; BONINI, F. G. Magnésio: um macronutriente potencializador de safras. **Informações Agronômicas**, n. 13, p. 1-24, 2022.

SANGOI, L.; KRUSE, N. D. Doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio e características agronômicas da batata em dois níveis de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 1331-1343, 1994.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; SILVEIRA, L. M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. I - Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 39-49, 2007.

SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Nutrição e adubação da cultura da batata: 1 – Principais problemas. **Batata Show**, n. 41, p. 29-33, 2015.

SORATTO, R. P.; YAGI, R.; JOB, A. L. G.; FERNANDES, A. M. Fertilization management strategies for ‘Agata’ potato production. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 389-396, 2021.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; GUPTA, S. K. Performance of conventional and enhance-deficiency nitrogen fertilizers on potato tuber mineral composition and marketability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, p. 3078-3087, 2022.

YAGI, R.; NAZARENO, N. R. X.; SORATTO, R. P. Agronomic and economic interactions between sidedressed nitrogen and potassium fertilizations on ‘Atlantic’ potato. **Brazilian Archives of Biology and Technology** (online), v. 63, p. 1-11, 2020.

ZHANG, F.; NIU, J.; ZHANG, W.; CHEN, X.; LI, C.; YUAN, L.; XIE, J. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. **Plant Soil**, v. 335, p. 21-34, 2010.

CURSO ON-LINE SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DAS PRINCIPAIS CULTURAS COMERCIAIS DO BRASIL

NPCT.COM.BR
/VIDEOS



Em até 12x pelo
PagSeguro



Emissão de
Certificado



Renomados
Especialistas



Aulas disponíveis
por 12 meses

CURSO COMPLETO

Dezoito palestras, contendo mais de 30 horas de aula.

MÓDULO APLICADO

Sete palestras, contendo mais de 12 horas de aula.

MÓDULO BÁSICO

Onze palestras, contendo mais de 19 horas de aula.

AULAS INDIVIDUAIS

Adquira aulas específicas dos temas e palestrantes de interesse.



PATROCÍNIO

 **jacto**



OTIMIZAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS E ÉPOCA DE MONITORAMENTO PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BATATA NOS TRÓPICOS¹

Fabiana Morbi Fernandes², Rogério Peres Soratto³, Patricio Sandaña⁴, Emerson F. C. Souza⁵, Renato Yagi⁶

O monitoramento dos teores de nitrogênio (N) na cultura é necessário como ferramenta de tomada de decisão para otimizar o manejo de N nas atuais cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.). Experimentos de campo foram conduzidos para avaliar a concentração foliar de N (CFN) como ferramenta de diagnóstico do teor de N em culturas de batata cultivadas em ambientes tropicais do Sudeste do Brasil. Os tratamentos consistiram de duas cultivares (Agata e Electra) e cinco manejos de N, que variaram em doses (0-320 kg N ha⁻¹) e em épocas de aplicação. A CFN foi monitorada nas folhas recém-maduras, de 10 a 59 dias após a emergência (DAE). A biomassa total de matéria seca (MS), a absorção de N no período de senescência da parte aérea (~85 DAE) e a produtividade de tubérculos frescos também foram medidos.

Resultados:

- A biomassa total de MS (3,53-9,75 Mg ha⁻¹), a absorção de N (4224 kg ha⁻¹) e a produtividade de tubérculos (14-61 Mg ha⁻¹) apresentaram grandes variações, atribuídas, em sua maior parte, ao manejo de N (60-90%).
- A alta variação na CFN (68,0-30,8 g kg⁻¹) foi atribuída ao manejo de N e à data de amostragem das folhas.
- As produtividades relativas de tubérculos foram positivamente relacionadas aos valores da CFN ao longo do ciclo da batata. O valor limite da CFN para atingir 95% da produção máxima de tubérculos diminuiu linearmente de 17 a 59 DAE (ou seja, de 283 a 999 graus-dia acumulados após a emergência) em ambas as cultivares de batata (Figura 1).

- Os valores de referência da CFN para garantir a suficiência de N variaram de 63,8 g kg⁻¹ (17 DAE) a 52,6 g kg⁻¹ (59 DAE).
- Esses resultados podem orientar os produtores no ajuste da oferta de N de acordo com as necessidades da cultura de batata até o meio da safra, evitando a aplicação excessiva de fertilizante nitrogenado.

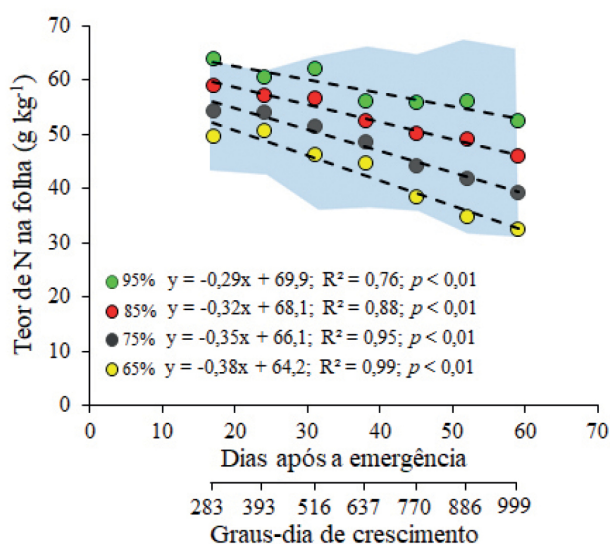


Figura 1. Relação entre o limiar de concentração de N foliar (CNF) para atingir diferentes níveis de produtividade de tubérculos frescos (65-95%) no período de 17 a 59 dias após a emergência (ou seja, de 283 a 999 graus-dia de crescimento em média entre os locais-anos) de cultivares de batata.

¹ Publicado em *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, abril 2022 (online: <https://doi.org/10.1007/s42729-022-00843-7>)

² Engenheira-Agrônoma, Dra., Professora na FIB – Faculdades Integradas de Bauru, Bauru, SP.

³ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu, SP.

⁴ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Professor na Universidade Austral de Chile, Valdivia, Chile.

⁵ Engenheiro-Agrônomo, PhD, Pesquisador na University of Minnesota, St. Paul, EUA.

⁶ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Pesquisador do Instituto de Desenvolvimento Rural IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), Ponta Grossa, PR.

SISTEMA DIGITAL ENVIA ALERTA CONTRA DOENÇAS

A Embrapa e a Associação Baiana dos Produtores de Algodão (Abapa) desenvolveram o Monitora Oeste, um sistema digital gratuito que envia alertas ao celular do produtor sobre o avanço de doenças e pragas na região.

Entre as doenças estão a ferrugem asiática e a mancha de ramulária, que atacam lavouras de algodão e soja nas propriedades rurais do oeste baiano. Estas enfermidades podem gerar perdas estimadas em 30% na cotonicultura e de até 80% na sojicultura.

Desenvolvida ao longo de dois anos, a tecnologia está disponível para navegação gratuita em smartphone (Android e IOS) e em plataforma web. Ao cadastrar-se, o usuário passa a receber informações sobre os focos e as condições climáticas favoráveis para a proliferação das doenças e para a dispersão dos esporos na região.

Dentro do aplicativo, o usuário encontrará sete funcionalidades: ocorrências e alertas, gráfico de ocorrências, mapa de ocorrências, armadilhas, mapa de armadilhas, favorabilidade e agrometeorologia. Para o pesquisador da Embrapa Territorial Julio Bogiani, líder da equipe que desenvolveu o produto, o Monitora Oeste permitirá elevar a eficiência de controle das doenças, com a possibilidade de redução de custos e de impacto ambiental pelo menor número de aplicações de defensivos agrícolas. (EMBRAPA)

GENE COMUM EM PLANTAS É DETECTADO EM INSETO

Uma praga agrícola perniciososa deve parte de seu sucesso a um gene roubado de sua planta hospedeira. Um estudo publicado no periódico científico Cell apresenta o primeiro exemplo de transferência natural de um gene de uma planta para um inseto. Trata-se da espécie *Bemisia tabaci*, mais conhecida como mosca-branca, que frequentemente se alimenta de culturas agrícolas.

De acordo com a pesquisa, esse novo gene adquirido pelo inseto pode torná-lo invulnerável a uma toxina produzida por alguns vegetais justamente para se proteger contra o seu ataque.

As moscas-brancas estão entre as pragas mais destrutivas de plantas encontradas no mundo. Elas sugam a seiva de centenas de espécies de vegetais e excretam sobre eles uma substância propícia para o desenvolvimento de fungos. Além disso, são vetores de mais de 100 vírus patógenos de plantas. Portanto, descobrir formas de impedir a ação do gene que protege as moscas-brancas da toxina vegetal pode resultar em uma revolução no combate a essa praga (VEJA).

ETANOL DE MILHO CRIA 'CÍRCULO VIRTUOSO' NA ECONOMIA DE MATO GROSSO

Estruturas imponentes mudam a paisagem em vários municípios de Mato Grosso. A grande oferta de milho, principalmente na segunda safra, está atraindo as usinas de etanol. O que chama a atenção é o processo de transformação do grão, colocando em prática o conceito de economia circular, que, em resumo, busca usar os recursos naturais da melhor maneira possível. Um exemplo é a biomassa, usada para geração de calor. Resíduos de outras atividades que poderiam ser considerados passivos ambientais agora são aproveitados como fonte renovável para produção da energia. É o caso de palha de arroz, capulho de algodão, serragem de madeira, entre outros.

O valor agregado começa com ganho logístico. Uma tonelada de milho que percorre 150 quilômetros, em média, para chegar na indústria, é transformada em 620 quilos de produtos acabados. Esses produtos são distribuídos Brasil afora. Impacto positivo também na geração de impostos. Uma tonelada de milho exportada gera ao redor R\$ 12 de impostos. Uma tonelada de milho industrializado, transformada em etanol, DDGS, óleo ou energia elétrica, já rende aproximadamente R\$ 350 de impostos.

No campo, a nova demanda criada pela indústria influenciou não somente o preço do milho, como também o ânimo dos produtores, que agora conseguem planejar melhor o ano safra. É o caso do engenheiro agrônomo Florian Diez, que tem um confinamento em Nova Mutum (MT). Além de criar gado, ele planta milho para consumo na fazenda. Dos 470 hectares plantados em safras anteriores, ampliou para mil hectares e incrementou a adubação em 20%.

Para o presidente da União Nacional do Etanol de Milho (Unem), Guilherme Nolasco, “nesse círculo virtuoso em que se produz energia, combustível e alimento, ao mesmo tempo disponibilizam-se áreas para um aumento no cultivo de grãos e uma oferta de alimentos sem ter a necessidade de avançar sobre novas áreas de exploração”. (Canal Rural)

EUCALIPTO TRANSGÊNICO PRODUZ MAIS

O eucalipto transgênico desenvolvido pela Futura-Gene, empresa da Suzano Papel e Celulose, além de produzir 20% a mais de celulose do que as plantas normais – que geram em média 45 metros cúbicos por hectare –, pode aumentar a produtividade de madeira de 30 a 40% para uso em outras aplicações, como em bioenergia, por exemplo. Isso ocorre graças à inserção de um gene de outra espécie, a *Arabidopsis thaliana*, nas células do eucalipto (Pesquisa FAPESP).

EVENTOS DA NPCT

2º SIMPÓSIO ONLINE SOBRE INOVAÇÕES E PRÁTICAS DE CAMPO PARA O MANEJO VISANDO ELEVADAS PRODUTIVIDADES

Data: 19 a 21 de JULHO de 2022

EVENTO GRATUITO

Inscrições: Somente pelo website da NPCT:
<https://www.npct.com.br/Inovacoes>

Contato para patrocínio:

Evandro Lavorenti
Email: ELavorenti@npct.com.br
Telefone: (19) 98151-3548

PROGRAMA

19/JULHO/2022 – TERÇA-FEIRA

MÓDULO 1 – MANEJO NUTRICIONAL DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Moderador: Dr. Luís Ignácio Prochnow, NPCT

- 09:00-09:10 h **Abertura e boas-vindas**
- 09:10-10:00 h Palestra 1: **Construção da fertilidade do solo e a produtividade de culturas anuais** – *Silvino Moreira, UFPA*
- 10:00-10:05 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 01
- 10:05-10:55 h Palestra 2: **Práticas de manejo visando altas produtividades** – *Marcelo Amoreli, MA Consultoria*
- 10:55-11:05 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, HINOVE - Fertilizantes Especiais – Palestra: em definição
- 11:05-11:15 h Intervalo
- 11:15-12:05 h Palestra 3: **Como a tipologia de argila, associada a nutrição e genética de plantas, pode gerar altas produtividades?** – *Luiz Eduardo Vilela Salgado, LEVS Consultoria*
- 12:05-12:15 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, JACTO - Palestra: em definição, *Gustavo Barbosa Micheli*
- 12:15-12:45 h Discussão geral

20/JULHO/2022 – QUARTA-FEIRA

MÓDULO 2 – ATUALIDADES EM PROTEÇÃO DAS PLANTAS

Moderador: Dr. Luís Ignácio Prochnow, NPCT

- 09:00-09:10 h Introdução
- 09:10-10:00 h Palestra 1: **Resposta do campo ao atual manejo fitossanitário - MATOPIBA** – *Luís Henrique Kasuya, Kasuya Inteligência Agronômica*
- 10:00-10:05 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 02

- 10:05-10:55 h Palestra 2: **Estamos no caminho certo para o controle de doenças?** – *Carlos Alberto Forcelini, AgroTechno Research*
- 10:55-11:05 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 03
- 11:05-11:15 h Intervalo
- 11:15-12:05 h Palestra 3: **Inovações no manejo para alta produtividade na cultura do milho – 38 anos de experiência prática** – *Jorge Verde, J Verde Consultoria*
- 12:05-12:15 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 04
- 12:15-12:45 h Discussão geral

21/JULHO/2022 – QUINTA-FEIRA

MÓDULO 3 – ESTRATÉGIAS E FERRAMENTAS PARA OS ESTRESSES BIÓTICOS E ABIÓTICOS

Moderador: Dr. Luís Ignácio Prochnow, NPCT

- 09:00-09:10 h Introdução
- 09:10-10:00 h Palestra 1: **Palestra 1. Fisiologia e construção de plantas para altas produtividades** - *Evandro Fagan, UNIPAM*
- 10:00-10:05 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 03
- 10:05-10:55 h Palestra 2: **Resultados práticos de manejo para mitigar o estresse abiótico** - *Silvano Abreu, Silvano Abreu Consultoria*
- 10:55-11:05 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 05
- 11:05-11:15 h Intervalo
- 11:15-12:05 h Palestra 3: **Manejo biológico em solos do Cerrado – Sudoeste Goiano – em áreas de alta produtividade** - *Alessandro Faustino, Assistec Agrícola*
- 12:05-12:15 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 06
- 12:15-12:45 h Discussão Geral
- 12:45-12:55 h Encerramento

2º SIMPÓSIO ONLINE SOBRE FLORESTAS DE EUCALIPTO

Data: 23 a 25 de AGOSTO de 2022

Inscrições: Somente pelo website da NPCT:
www.npct.com.br/conference/2-eucalipto

Informações: Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia – NPCT
Contato: Elisangela Toledo
Email: EToledo@npct.com.br

Contato para patrocínio:

Evandro Lavorenti
Email: ELavorenti@npct.com.br
Telefone: (19) 98151-3548

PROGRAMA

23/AGOSTO/2022 – TERÇA-FEIRA

MÓDULO 1 – PRODUÇÃO DE MUDAS E MELHORA- MENTO GENÉTICO COM ÊNFASE EM NOVAS ESPÉCIES

Moderador: Dr. Luís Ignácio Prochnow, NPCT

- 08:00-08:15 h **Abertura e boas-vindas**
- 08:15-08:55 h Palestra 1: **Aspectos relevantes na propagação de Corymbia em viveiro** – *Allan Camatta Monico, RR Agroflorestal*
- 08:55-09:05 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 01
- 09:05-09:45 h Palestra 2: **Produção de mudas de Corymbia** – *Claudilene Aparecida Alves Pena, Aperam*
- 09:45-09:50 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 01
- 09:50-10:00 h Intervalo
- 10:00-10:40 h Palestra 3: **Espécies de eucalipto para zonas de fronteira** – *Rodolfo Manoel Lemes da Costa, Suzano*
- 10:40-11:20 h Palestra 4: **Melhoramento genético de Corymbia e perspectivas futuras** – *Teotônio Assis, Assistech*
- 11:20-11:30 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 02
- 11:30-12:00 h Discussão geral

24/AGOSTO/2022 – QUARTA-FEIRA

MÓDULO 2 – SOLOS E FERTILIZAÇÃO DO EUCA- LIPTO

Moderador: Dr. Allan Camatta Mônico, RR Agroflorestal

- 08:00-08:15 h **Abertura**
- 08:15-08:55 h Palestra 1: **Fertilização do eucalipto no Rio Grande do Sul** – *Elias Frank de Araújo, CMPC*
- 08:55-09:05 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 03
- 09:05-09:45 h Palestra 2: **Mapeamento digital de solos** – *Prof. Elvivo Giasson, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

- 09:45-09:50 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 02
- 09:50-10:00 h Intervalo
- 10:00-10:40 h Palestra 3: **Imagens de satélite no monitoramento nutricional de florestas de eucalipto** – *Rayanne Oliveira Teixeira, Paracel Celulose*
- 10:40-11:20 h Palestra 4: **Uso de boro em eucalipto em diferentes regiões do Brasil** – *Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira, RR Agroflorestal*
- 11:20-11:30 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Sulboro
- 11:30-12:00 h Discussão geral

25/AGOSTO/2022 – QUINTA-FEIRA

MÓDULO 3 – SILVICULTURA: PRAGAS, HERBICIDAS E QUALIDADE OPERACIONAL

Moderador: Dr. Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira, RR Agroflorestal

- 08:00-08:15 h **Abertura**
- 08:15-08:55 h Palestra 1: **Qualidade das operações florestais** – *Vanderlei Benedetti, Equilíbrio Florestal*
- 08:55-09:05 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 05
- 09:05-09:45 h Palestra 2: **Monitoramento de pragas “Visão Prática”** – *José Eduardo Petrilli Mendes, Bracell*
- 09:45-09:50 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 03
- 09:50-10:00 h Intervalo
- 10:00-10:40 h Palestra 3: **Psilídeo - monitoramento e controle** – *Alexandre Coutinho Vianna Lima, MIP/Unesp Botucatu*
- 10:40-11:20 h Palestra 4: **Desafios e oportunidades para o uso de herbicidas em florestas de Eucalipto** – *Aldo Merotto Junior, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*
- 11:20-11:30 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 06
- 11:30-12:00 h Discussão geral

1º SIMPÓSIO ONLINE SOBRE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NA AGRICULTURA

Data: 8 a 10 de NOVEMBRO de 2022

EVENTO GRATUITO

Inscrições: Somente pelo website da NPCT:
<https://www.npct.com.br/TransformacaoDigital>

Contato para patrocínio:

Evandro Lavorenti
Email: ELavorenti@npct.com.br
Telefone: (19) 98151-3548

PROGRAMA

8/NOVEMBRO/2022 – TERÇA-FEIRA

MÓDULO 1 – ASPECTOS GERAIS SOBRE AGRICULTURA DIGITAL NO BRASIL

Moderador: **Dr. André Zabini, Laboratório Agronômico**

- 09:00-09:10 h Abertura e boas-vindas
09:10-09:20 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 01
09:20-09:55 h Palestra 1: **Panorama do uso de ferramentas digitais nas lavouras** - *Fabrizio Povh, Fundação ABC*
09:55-10:30 h Palestra 2: **Manejo agrícola com uso intensivo de dados** - *Leandro Gimenez, ESALQ/USP*
10:30-10:35 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 01
10:35-10:55 h Intervalo
10:55-11:30 h Palestra 3: **Desafios dos produtores na implementação das ferramentas de agricultura digital** - *Charles Peeters, Agropecuária Peeters*
11:30-11:40 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, JACTO – Palestra: em definição
11:40-12:30 h Discussão geral

9/NOVEMBRO/2022 – QUARTA-FEIRA

MÓDULO 2 – NUTRIÇÃO DE PLANTAS

Moderador: **Dr. Luís Ignácio Prochnow, NPCT**

- 09:00-09:10 h Introdução
09:10-09:20 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, HINOVE - Fertilizantes Especiais – Palestra: em definição
09:20-09:45 h Palestra 1: **A lacuna entre os dados e a decisão, estudo de caso para a aplicação localizada de nitrogênio** - *André Colaço, CSIRO*
09:45-10:10 h Palestra 2: **Importância da variabilidade espacial no manejo nutricional em sistemas de produção** - *Leandro Zancanaro, Raízes Consultoria*
10:10-10:15 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 02
10:15-10:40 h Debate
10:40-10:55 h Intervalo

MÓDULO 3 – PROTEÇÃO DE PLANTAS

- 10:55-11:20 h Palestra 1: **Aplicação localizada de agroquímicos no Brasil: do autopropelido ao drone** - *Fabio Baio, UFMS*
11:20-11:30 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 04
11:30-11:55 h Palestra 2: **Estratégias para manejo de nematoides com ferramentas de AP** - *Julio Franchini, Embrapa Soja*
11:55-12:30 h Debate

10/NOVEMBRO/2022 – QUINTA-FEIRA

MÓDULO 4 – TECNOLOGIAS DE TRANSFORMAÇÃO

Moderador: **Dr. Leandro Gimenez, ESALQ/USP**

- 09:00-09:10 h Introdução
09:10-09:20 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 05
09:20-09:45 h Palestra 1: **Estado da arte dos sistemas sensores para caracterização do solo** - *Tiago Tavares, CENA/USP*
09:45-10:10 h Palestra 2: **Integração de dados meteorológicos para manejo das lavouras** - *Rodrigo Tsukahara, Fundação ABC*
10:10-10:15 h Vídeo Institucional Patrocinador Prata, Prata 03
10:15-10:40 h Debate
10:40-10:55 h Intervalo

MÓDULO 5: AGRICULTURA DIGITAL NO MANEJO AGRÍCOLA

- 10:55-11:20 h Palestra 1: **População de plantas em taxa variável** - *Geomar Corasa, Cooperativa Central Gaúcha*
11:20-11:30 h Espaço Técnico do Patrocinador Ouro, Ouro 06
11:30-11:55 h Palestra 2: **Sensoriamento Remoto aplicados em Ambientes de Produção** - *José Alexandre Demattê, ESALQ/USP*
11:55-12:30 h Debate
12:30-12:40 h Encerramento

CURSOS, SIMPÓSIOS E OUTROS EVENTOS

1. AGRONEGÓCIO: EXPECTATIVAS BRASIL 2022/2023

Local: Evento à distância

Data: 6 e 7/JULHO/2022

Informações: Giovanna Nanzeri Boldarini
Email: giovannaboldarini@usp.br
Website: <https://fealq.org.br/eventos>

2. III SIMPÓSIO AGRODIGITAL SOBRE HORTALIÇAS

Local: Evento à distância

Data: 19 a 21/JULHO/2022

Informações: Thiago Negrini Pedro
Email: thiagonegrini@usp.br
Website: <https://fealq.org.br/eventos>

3. X SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Local: Teatro Municipal Erotides de Campos (Teatro do Engenho), Parque do Engenho Central, Piracicaba, SP

Data: 27 e 28/JULHO/2022

Informações: Prof. Rafael Otto
Email: eventos.gape@usp.br
Website: <https://fealq.org.br/eventos>

4. II SIMPÓSIO DE AGRICULTURA 4.0: TECNOLOGIA NO CAMPO

Local: Evento à distância

Data: 27 a 29/JULHO/2022

Informações: Tiago Cunha Bueno
Email: tiagobueno200400@usp.br
Website: www.esalq.usp.br/eventos

5. 56º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLIVICULTURA

Local: Rua Herny Hugo Dreher, 197, Bento Gonçalves, RS

Data: 1 a 5/AGOSTO/2022

Informações: Elaine Abramindes - Comissão Organizadora
Email: eabramides@gmail.com
Website: <http://www.56cbo.com.br>

6. MERCADO BRASILEIRO DE FERTILIZANTES

Local: Evento à distância

Data: 3 e 4/AGOSTO/2022

Informações: José Ricardo Rezende Saraiva
Email: josericardosaraiva@usp.br
Website: <https://fealq.org.br/eventos>

7. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

Local: Expo D. Pedro, Campinas, SP

Data: 9 a 11/AGOSTO/2022

Informações: Comissão Organizadora
Email: contato@asbraap.org
Website: <https://www.asbraap.org/conbap>

8. 13º CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO

Local: Avenida Octávio Mangabeira, 5.490, Salvador, BA

Data: 16 a 18/AGOSTO/2022

Informações: Comunicato Eventos Únicos
Email: contato@congressodoalgodao.com.br
Website: <http://congressodoalgodao.com.br>

9. 30º SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM

Local: COPLACANA, Piracicaba, SP

Data: 5 e 6/NOVEMBRO/2022

Informações: FEALQ
Email: smpesalq@gmail.com
Website: <https://smp2021.com.br>

10. XXXIII CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

Local: on-line para os inscritos e presencial para convidados, em Sete Lagoas, MG

Data: 12 a 15/SETEMBRO/2022

Informações: Associação Brasileira de Milho e Sorgo
Email: cnms@abms.org.br
Website: <http://www.abms.org.br/cnms>

11. 42º CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA

Local: Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP-340, km 127,5, Tanquinho Velho, Jaguariuna, SP

Data: 14 e 15/SETEMBRO/2022

Informações: FUNDAG
Email: eduardo.freitas@fundag.br
Website: <http://eventos.fundag.br>

12. V CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA

Local: Teatro Sesi, Av. João Leite, 1013, Goiânia, GO

Data: 19 a 21/OUTUBRO/2022

Informações: Cristiane Aparecida Fioravante Reis
Email: cristiane.reis@embrapa.br
Website: <https://www.embrapa.br/busca-de-eventos/-/evento/454042>

1. CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS DO MILHO: UMA OPORTUNIDADE PARA OS AGRICULTORES

Autor: Ivan Cruz; 2022.

Conteúdo: Esta publicação tem como objetivo disponibilizar informações sobre o controle biológico de insetos-pragas para o público em geral, e em especial para os agentes de extensão rural e transferência de tecnologia, pública ou privada, e para o agricultor. Embora muitas dessas informações incluam os resultados obtidos na cultura do milho, os agentes de controle biológico são igualmente encontrados em outros cultivos, pois estão associados aos insetos-pragas, que por sua vez estão associados a diferentes plantas hospedeiras. Ela trata de parasitoides, predadores, controle biológico conservativo, controle biológico de *Spodoptera frugiperda* e uso do controle biológico de pragas de milho com microrganismos.

Preço: gratuito para *download*

Número de páginas: 127

Editor: EMBRAPA

Website: <https://www.embrapa.br>

2. AGRICULTURA DIGITAL - 2ª edição

Autores: Queiroz, D. M.; Valente, D. S. M.; Carvalho Pinto, F. A.; Borém, A.; 2022.

Conteúdo: O livro Agricultura Digital explica os avanços da tecnologia da informação e suas implicações e possibilidades na revolução digital da agricultura. Apresenta os conceitos básicos sobre geotecnologias e geoprocessamento e sua aplicação no campo, utilização de drones e sensores na agricultura, irrigação e bovinocultura digital, automação de máquinas agrícolas, internet das coisas, computação em nuvem, big data e *machine learning*. O livro apresenta, ainda, alguns dos principais aplicativos, plataformas e programas de computador empregados no campo e traz um glossário com termos importantes. Um estudo de caso real brasileiro da aplicação da agricultura digital em uma empresa agrícola reforça que a agricultura digital já chegou!

Preço: R\$ 142,00

Número de páginas: 224

Venda: Livraria UFV

Website: <https://www.editoraufv.com.br>

3. SOJA: DO PLANTIO À COLHEITA - 2ª edição

Organizadores: Silva, F.; Borém, A.; Sediyaama, T.; Câmara, G.; 2022.

Conteúdo: Este livro relata de forma clara e didática a evolução da produção e a importância econômica que a soja assumiu no Brasil e nas exportações do agronegócio – essencial fonte de divisas atualmente. Apresenta os importantes avanços em tecnologias transgênicas, como obtenção de cultivares tolerantes a herbicidas e resistentes a insetos-pragas. Trata também da agricultura de precisão aplicada, com gestão da fertilidade do solo, tratamento localizado de plantas invasoras e pragas e automatização de veículos agrícolas, que é um promissor caminho para a minimização dos insumos aplicados, gerando economia e reduzindo impactos ambientais. Aborda toda a cadeia produtiva desse grão, como preparo do solo e plantio, época de semeadura e população de plantas, adubação, rotação e sucessão, irrigação e colheita. O livro explica os métodos para manejo de pragas, doenças e plantas daninhas e trata da comercialização de *commodities* agrícolas e da gestão de riscos.

Preço: R\$ 114,00

Número de páginas: 312

Venda: Livraria UFV

Website: <https://www.editoraufv.com.br>

4. BIOINSUMOS NA CULTURA DA SOJA

Editores: Meyer, M. C.; Bueno, A. F.; Mazaro, S. M.; Silva, J. C.; 2022.

Conteúdo: Na agricultura regenerativa, o uso dos bioinsumos é um dos alicerces que vem auxiliando na obtenção de altas produtividades. Nos últimos anos, o Brasil se tornou o maior produtor de soja e líder no mercado de bioinsumos. Neste livro, os editores reuniram informações que irão contribuir no processo produtivo das culturas, com destaque especial para a soja. Esta publicação está subdividida em cinco partes, sendo: I) cenários, desafios e inovações; II) tecnologia de aplicação; III) rizosfera e saúde do solo; IV) manejo de plantas daninhas e doenças e V) manejo de pragas.

Preço: gratuito para *download*

Número de páginas: 550

Editora: EMBRAPA

Website: <https://www.embrapa.br>